

Lernen im Prozess der Arbeit im Kontext von Industrie 4.0

Subjektive Sichtweisen zur Qualifizierung von Beschäftigten in der Metall- und Elektroindustrie
während der Einführung digitaler Technologien

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades der Doktorwürde (Dr. phil.)

Fachbereich Politik und Sozialwissenschaften
Institut für Soziologie der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Kathleen Warnhoff

Berlin, 29.12.2022

BEGUTACHTUNG DER VORLIEGENDEN DISSERTATION

Erstgutachter: Prof. Dr. Martin Krzywdzinski
Zweitgutachter: Prof. Dr. Martin Ehlert

Tag der Disputation: 3.07.2023

DANKSAGUNG

Eine empirische Studie zu einem Thema wie *Lernen im Prozess der Arbeit* während der Einführung neuer Technologien in einem zeitlich begrenzten Rahmen anzufertigen, ist ein ambitioniertes Vorhaben. Während der letzten Jahre haben viele Menschen in unterschiedlichster Hinsicht zum Gelingen dieser Studie beigetragen, die ich am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung angefertigt habe. Nun ist der Zeitpunkt gekommen, all jenen ausdrücklich meinen größtmöglichen Dank auszusprechen.

Zunächst danke ich allen, die mich in der Durchführung der empirischen Studie über mehrere Jahre unterstützt haben. Herzlichen Dank an alle Interviewpartner*innen für das Vertrauen und die Bereitschaft, in den Gesprächen offen über das Lernen im Arbeitszusammenhang zu berichten und zu reflektieren. Ebenfalls bedanke ich mich bei allen, die schon zu Beginn an das ambitionierte Projekt geglaubt und überhaupt den Kontakt zu den Teilnehmenden der Studie ermöglicht haben. Das hat wichtige Türen geöffnet.

Besonderer Dank gilt Prof. Dr. Martin Krzywdzinski für die engagierte und wertschätzende Betreuung während der letzten Jahre. Seine fachlichen Denkanstöße haben mich ermutigt, einen eigenen theoretischen und methodischen Ansatz für diese Studie zu entwickeln und ihn umzusetzen. Als erfahrener Empiriker gab er wertvolle Impulse für die Umsetzung der Erhebung und unterstützte mich in der Bewältigung des umfangreichen Datenmaterials. Ebenfalls möchte ich Prof. Dr. Martin Ehler für die Bereitschaft zur Begutachtung und Prof. Dr. Reinhard Pollak für die fachlichen Impulse zur Auseinandersetzung mit dem Phänomen der sozialen Ungleichheit danken.

Großer Dank gilt außerdem dem Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) und dem Weizenbaum Institut für das angenehme Arbeitsumfeld während meiner gesamten Promotionszeit. Besonders wichtig waren die vielfältigen Möglichkeiten zum Austausch, die über die gängigen Fachgrenzen hinweggehen. Dabei waren inspirierenden Orte, an denen ich sein durfte und viele Formate, die ich mitgestalten konnte. Das hat eine gute Anbindung ins Forschungsfeld und einen regelmäßigen Austausch mit Fachexpert*innen aus der Praxis ermöglicht. Allen Teilnehmenden der Kolloquien, Retreats und Summer Schools danke ich für die vielfältigen und konstruktiven Anregungen zu meiner Studie. Großer Dank gilt dabei insbesondere an Patricia Paiva de Lareiro, Agnieszka Althaber, Setareh Radmanesch und Esther Kroll. Mit ihnen gemeinsam konnte ich in regelmäßigen Treffen über Texte, Theorien, Methoden oder den Forschungsstand reflektieren. Vielen Dank ebenso an Dr. Philip Wotschack und Dr. Florian Butollo für den Erfahrungsaustausch, die wertvollen Hinweise und die kritische Auseinandersetzung mit meiner Forschung. Für die administrative und organisatorische Unterstützung durch das gesamte Koordinationsteam im Promotionskolleg 'Gute Arbeit' und die wertvollen Gespräche mit den Kolleginnen und Kollegen dort bedanke ich mich ebenfalls.

Weiterhin danke ich allen Verantwortlichen der Hans-Böckler-Stiftung für die Förderung der Studie. Die guten Rahmenbedingungen haben entscheidend zu meiner akademischen Weiterentwicklung beigetragen. Fachliche Gespräche und Nachfragen insbesondere mit Prof. Dr. Uwe Elsholz haben mich

zum Weiterdenken über arbeitssoziologische Zusammenhänge hinaus angeregt. Das Peer-Mentoring Programm hat mich gerade am Ende der Qualifikationsphase darin unterstützt, trotz der manchmal schwieriger Bedingungen während der Pandemie mein Promotionsprojekt erfolgreich abzuschließen.

Herzlich danken möchte ich außerdem meiner Lektorin Karin Spura für das Korrekturlesen dieser umfangreichen Arbeit. Ihre Hinweise waren sehr wichtig und haben zu einem besseren Verständnis meiner Aussagen beigetragen.

Zu guter Letzt, aber dafür nicht weniger wichtig, danke ich ganz besonders meinem Freundeskreis und meiner gesamten Familie für die liebevolle Unterstützung in einer Qualifikationsphase mit vielen Höhen und einigen Tiefen. Sie haben mit mir zwischenzeitliche Erfolge gefeiert, mir Ruhe und Ablenkungen zum richtigen Zeitpunkt verschafft, aber mir auch den notwendigen Rückhalt in den schwierigen Phasen gegeben.

Widmen möchte ich diese Arbeit meinem langjährigen und wunderbaren Lebenspartner Jörn Salberg und meinem wissbegierigen Sohn Jakob Salberg, die mich beide in dieser wichtigen Phase meines Lebens mit geduldiger Ruhe begleitet haben. Beide haben einen besonderen Anteil am Gelingen der Arbeit, der sich gar nicht in Worte fassen lässt.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	9
1.1	Problemstellung der Arbeit und Forschungsrelevanz.....	9
1.2	Fragestellungen der Arbeit und methodischer Ansatz	10
1.3	Verortung und wissenschaftlicher Beitrag der Studie.....	11
1.4	Struktur der Arbeit	12
2	Forschungsstand: Qualifizierung im Kontext von Industrie 4.0	14
2.1	Debatten über den technischen Wandel und soziale Folgen auf Arbeit	14
2.1.1	Technikzentrierte Deutungen und betriebliche Realitäten.....	15
2.1.2	Anthropozentrische Deutungen des technischen Wandels	19
2.1.3	Bezugspunkte der Szenarien in arbeitssoziologischen Debatten.....	25
2.2	Theoretische Ansatzpunkte für die Studie zum arbeitsbezogenen Lernhandeln	39
2.2.1	Arbeitshandeln als Bezugspunkt zum arbeitsbezogenen Lernhandeln	43
2.2.2	Lernhandeln als Bezugspunkt zur arbeitsbezogenen Lernbereitschaft	46
2.2.3	Soziotechnischer Ansatz als Kontext für arbeitsbezogene Lernhandlungen	48
3	Methodischer Ansatz: Arbeitsbezogenes Lernen im Kontext von Industrie 4.0	53
3.1	Methodische Konzeption der Studie	53
3.1.1	Theoretischer Ansatz der Fallstudienstrategie.....	53
3.1.2	Forschungsplan der qualitativen Studie zum arbeitsbezogenen Lernen	55
3.1.3	Fallauswahl und Sample	58
3.2	Erster Studienabschnitt: Exploration in die Industrie und Feldzugang	60
3.2.1	Durchführung der Exploration.....	61
3.2.2	Aufbereitung und Auswertung der explorativen Beobachtungen	62
3.3	Zweiter Studienabschnitt: Vertiefung mit arbeitssoziologischen Betriebsfallstudien	63
3.3.1	Durchführung von leitfadengestützten Interviews in Betriebsfallstudie A	63
3.3.2	Aufbereitung und Auswertung der leitfadengestützten Interviews.....	66
3.4	Dritter Studienabschnitt: Qualitative Validierung.....	68
3.4.1	Durchführung der Gruppendiskussionen	68
3.4.2	Aufbereitung und Auswertung der Gruppendiskussionen	70
3.5	Vierter Studienabschnitt: Kontextualisierung mit Dokumentenanalysen.....	72
3.5.1	Durchführung der Dokumentenanalyse	72
3.5.2	Aufbereitung und Analyse der ausgewählten Dokumente	72
3.6	Zusammenfassende Reflexion zum methodischen Zugang.....	74

4	Ergebnisteil A: Umsetzung von Industrie 4.0 in Industriebetrieben	77
4.1	Charakterisierung der untersuchten Betriebe (M+E Industrie)	77
4.1.1	Charakterisierung: Produktionsbetrieb A	78
4.1.2	Charakterisierung: Produktionsbetrieb B	82
4.1.3	Charakterisierung: Produktionsbetrieb C	84
4.1.4	Charakterisierung: Produktionsbetrieb D	87
4.1.5	Zwischenfazit zur Charakterisierung der untersuchten Betriebe	89
4.2	Vertieft untersuchte Funktionsbereiche im Betrieb A	92
4.2.1	Portrait 1: Arbeit in der Bestückung	93
4.2.2	Portrait 2: Arbeit in der Montage	110
4.2.3	Portrait 3: Arbeit in der Instandhaltung	123
4.2.4	Portrait 4: Arbeit in der Logistik	136
4.2.5	Fazit: Abteilungsspezifische und abteilungsübergreifende Ansätze	147
4.3	Fallvergleich zur Technologieeinführung und zu neuen Anforderungen	149
4.3.1	Einführung neuer Technologien und technische Dimensionen	150
4.3.2	Art und Weise der Technologieeinführung im Kontext von Industrie 4.0	164
4.3.3	Veränderte Anforderungen an die Beschäftigten	179
4.4	Diskussion über die Einführung neuer Technologien Kontext von Industrie 4.0	186
4.4.1	Technische Dimensionen der Arbeit und Industrie 4.0-Ansätze	187
4.4.2	Soziale Dimensionen der Arbeit und Industrie 4.0-Ansätze	190
4.4.3	Schlussfolgerungen	194
5	Ergebnisteil B: Qualifizierung im Kontext von Industrie 4.0	198
5.1	Arbeitsbezogene Lernhandlungen in Industriebetrieben	199
5.1.1	Charakterisierung arbeitsintegrierter Lernhandlungen in Industriebetrieben	199
5.1.2	Charakterisierung arbeitsnaher Lernhandlungen in Industriebetrieben	201
5.1.3	Charakterisierung arbeitsorientierter Lernhandlungen in Industriebetrieben	202
5.2	Analyse der subjektiven Sicht auf arbeitsbezogene Lernhandlungen	204
5.2.1	Arbeitsbezogene Lernhandlungen in der Bestückung	204
5.2.2	Arbeitsbezogene Lernhandlungen in der Montage	208
5.2.3	Arbeitsbezogene Lernhandlungen in der Instandhaltung	210
5.2.4	Arbeitsbezogene Lernhandlungen in der Logistik	216
5.2.5	Abteilungsübergreifende Organisation arbeitsbezogenen Lernens	222
5.3	Vergleichende Analysen arbeitsbezogener Lernhandlungen	225
5.3.1	Subjektive Begründungen für expansive und widerständige Lernhandlungen	225
5.3.2	Subjektive Sicht auf Lernbedingungen und Einfluss auf Lernhandlungen	232

5.4	Diskussion über Chancen zum Upskilling im Kontext von Industrie 4.0	242
5.4.1	Einbettung in die soziologische Debatte über Technik, Arbeit und Qualifikation	242
5.4.2	Einbettung in die Debatte über <i>Lebenslanges Lernen</i>	247
5.4.3	Schlussfolgerungen.....	251
6	Abschließend zur Gestaltung lernförderlicher Arbeit.....	255
6.1	Orientierungsrahmen für die Gestaltung der Arbeit.....	255
6.1.1	Ungelöste Spannungsfelder auf betrieblicher Ebene	256
6.1.2	Ungelöste Spannungsfelder auf politischer Ebene	259
6.2	Schlussbemerkung zur Arbeit der Zukunft und weiterer Forschungsbedarf	262
7	Bibliografie	268
8	ANHANG I: Dokumentation der Studie	290
8.1	Forschungsplan: Übersicht über die vier Studienabschnitte	290
8.2	Statistiken zum Sample: Verteilung der Befragten nach Merkmalen.....	291
8.2.1	Daten und Dokumentation im ersten Forschungsabschnitt: Exploration	291
8.2.2	Daten und Dokumentation im zweiten Forschungsabschnitt: Vertiefung.....	293
8.2.3	Daten und Dokumentation im dritten Forschungsabschnitt: Validierung	296
8.2.4	Daten und Dokumentation im vierten Forschungsabschnitt: Kontextualisierung	298
8.3	Kodierung der Daten und Auswertungsschritte.....	300
8.3.1	Erster Analyseschritt	300
8.3.2	Zweiter Analyseschritt	302
8.3.3	Dritter Analyseschritt	303
9	ANHANG II: Abstracts, Vorveröffentlichungen, Kurzlebenslauf	304
9.1	Kurzfassung	304
9.2	Abstract.....	306
9.3	Liste der Vorveröffentlichungen.....	308
9.4	Kurzlebenslauf der Verfasserin	309
10	Eidesstattliche Erklärung	310

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Vier Entwicklungsstufen des Industriezeitalters, Acatech 2013	15
Abbildung 2: Szenarien zu sozialen Folgen von Industrie 4.0, Hirsch-Kreinsen 2016b	20
Abbildung 3: Konzeptionelles Vorgehen in der vorliegenden Studie	42
Abbildung 4: Konzept des Arbeitshandelns, Böhle et al. 2011	43
Abbildung 5: Kriterien zur Beurteilung von Lernförderlichkeit, Dehnbostel 2018	49
Abbildung 6: M-T-O Modell zur soziotechnischen Analyse, Ulich 2013.....	51
Abbildung 7: Forschungsplan für die Untersuchung angelehnt an Yin 2014	55
Abbildung 8: Übersicht über prozentuale Verteilung der Befragten (N=50) nach Merkmalen....	60
Abbildung 9: Beschäftigungsverteilung der untersuchten Betriebe (A-D).....	90
Abbildung 10: Kriterien zur Beurteilung von Lernförderlichkeit, Dehnbostel 2018	232
Abbildung 11: Übersicht über den gesamten Forschungsprozess (2017-2021)	290
Abbildung 12: Verteilung der Befragten (N=50) in Prozent	291
Abbildung 13: Übersicht über die Datenbasis im ersten Forschungsabschnitt	292
Abbildung 14: Übersicht über die Dokumentation im ersten Forschungsabschnitt	293
Abbildung 15: Übersicht über die Datenbasis im zweiten Studienabschnitt	294
Abbildung 16: Übersicht über die Dokumentation im ersten Forschungsabschnitt	295
Abbildung 17: Übersicht über Gruppendiskussionen im dritten Studienabschnitt.....	298
Abbildung 18: Übersicht der Dokumente zur Kontextualisierung im vierten Studienabschnitt .	298
Abbildung 19: Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Betriebe und Arbeitsbereiche.....	300
Abbildung 20: Unterschiede und Gemeinsamkeiten nach Arbeitsbereichen in Betrieb A	301
Abbildung 21: Veränderungen der Arbeitsbereiche der Tiefenfallstudie nach Zeitpunkten.....	302
Abbildung 22: Systematik der Analyse beim zusammenfassenden Fallvergleich.....	303

ABKÜRZUNGEN

CPS	Cyber-Physische Systeme
CIM	Computer Integrated Manufacturing
DQR	Deutscher Qualifikationsrahmen
ebd.	Ebenda
EQR	Europäischer Qualifikationsrahmen
ERP	Enterprise-Ressource-Planning (Software)
FES	Flexible Fertigungssysteme
HdA	Humanisierung der Arbeit
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
INQA	Initiative „Neue Qualität der Arbeit“ Initiative der Bundesregierung (2002)
IOT	Internet of Things
KI	Künstliche Intelligenz
M+E	Metall- und Elektroindustrie
MRP	Material-Ressource-Planning (Software und Teil von ERP)
NC	Numerical Control (numerische Steuerungstechnologie)
PPS	Produktionsplanungs- und Steuerungssystem (Software)
PT	Produktionstechnologie(n)
SCM	Supply-Chain-Management (Software und Teil von ERP)

1 EINLEITUNG

1.1 Problemstellung der Arbeit und Forschungsrelevanz

Deutsche Industriebetriebe stehen vor enormen Herausforderungen. Der technische Wandel ist neben den demografischen Entwicklungen und einem globalen Zusammenwachsen der Wirtschaftsbeziehungen nur einer von vielen Treibern, der sich auf die Arbeit von Beschäftigten auswirkt. Unter dem Schlagwort Industrie 4.0 führen deutsche Industriebetriebe vermehrt digitale Anwendungen ein, wie zum Beispiel digital gesteuerte Produktionsanlagen, digitale Verfahren und digitale Assistenzsysteme. Die digitalen Technologien unterscheiden sich teilweise gravierend bezüglich der Ausreifungsgrade, aber auch bezüglich der funktionellen Einsatzgebiete. Die Auswirkungen digitaler Anwendungen auf die Arbeit und die Qualifikationsanforderungen in der direkten Produktion sind kaum mit Anwendungen in produktionsnahen Dienstleistungen vergleichbar. Angesichts der verstärkten Einführung digitaler Technologien nimmt die Qualifizierungspolitik in den Betrieben deshalb eine Schlüsselrolle ein.

Im Kontext von Industrie 4.0 verändert sich die betriebliche Qualifizierungspolitik. In der betrieblichen Praxis sind vermehrt neue Kombinationen aus institutionalisierten Qualifizierungsangeboten und weniger formalisierten und standardisierten Lernformen erkennbar. Allerdings fehlt oft eine konzeptionelle Integration des arbeitsbezogenen Lernens am Arbeitsort in die betriebliche Qualifizierungspolitik. Wenn sich die Beschäftigten direkt im Arbeitsprozess die praktischen Fähigkeiten zum Umgang mit digitalen Anwendungen aneignen, entwickelt sich der Arbeitsort zunehmend zu einem Lernort und die Lernprozesse zu einem wesentlichen Bestandteil der Arbeit. Das hat viele Vorteile für die Betriebe, denn die Lerninhalte sind praxisnah und die Entwicklung eines spezifischen Wissens ist auf die jeweiligen Anforderungen der Arbeitsaufgabe im Betrieb zugeschnitten und senkt zudem Weiterbildungskosten. Da diese Lernform oft dezentral organisiert ist und der Logik von Arbeitsprozessen folgt, ist aber eine besondere Arbeitsgestaltung erforderlich. Arbeitsprozesse, die weniger an einer lernförderlichen Arbeitsgestaltung orientiert sind, können für die Lernprozesse von Beschäftigten nachteilig sein und damit zu einem Hindernis für die betrieblichen Umsetzungsprojekte der Digitalisierung werden.

Für die Beschäftigten in den Betrieben bietet die Einführung digitaler Technologien neue Chancen für die Teilhabe am digitalen Wandel. Es besteht die Erwartung seitens der Betriebe, dass sich alle Beschäftigtengruppen schnell an die neuen Gegebenheiten am Arbeitsplatz anpassen und sich neues Wissen über die Möglichkeiten digitaler Technologien aneignen. Die Bereitschaft ist seitens der Beschäftigten aber nicht immer durchgängig gegeben. Häufig entstehen während der Einführung neuer Technologien Frustrationen und Blockadehaltungen, die sich ungünstig auf die Gestaltung der Arbeit im Kontext der Digitalisierung auswirken können. Die betriebliche Interessenvertretung kann zwar auf die Ausgestaltung der betrieblichen Prozesse und der Qualifizierung Einfluss nehmen, dennoch kommt es nachweislich zur ungleichen Chancenverteilung zwischen höherqualifizierten und geringqualifizierten Beschäftigten gerade in der institutionell organisierten Qualifizierung. Die Ursachen für Lernblockaden

wurden in wissenschaftlichen Studien bisher vermehrt auf die individuellen Motivationsunterschiede der Beschäftigten und weniger auf betriebliche Lernbedingungen am Arbeitsort zurückgeführt. Das kann daran liegen, dass sich soziologische Forschung bisher vorwiegend auf die formale Qualifikation der Beschäftigten und weniger auf das berufliche Lernen am Arbeitsplatz konzentriert hat. Ziel der vorliegenden Studie ist es deshalb, die Qualifizierungschancen für Beschäftigte im Kontext von Industrie 4.0 zu untersuchen und dabei besonders berufliche Lernformen am Arbeitsplatz während der Umsetzung von betrieblichen Digitalisierungsprojekten in den Blick zu nehmen.

1.2 Fragestellungen der Arbeit und methodischer Ansatz

Viele empirische Fragen sind im Kontext von Industrie 4.0 noch nicht ausreichend geklärt. Zum Beispiel, welche neuen Technologien im Kontext von Industrie 4.0 in die unterschiedlichen Arbeitsbereiche der Unternehmen eingeführt und auf welche Art und Weise die neuen Technologien eingeführt werden. Ebenfalls bisher noch nicht eindeutig geklärt ist die Frage, welche neuen Anforderungen sich für die Beschäftigten aus der Einführung neuer Technologien ergeben und welche Chancen zur Qualifizierung für Industriebeschäftigte entstehen.

In den letzten Dekaden hat sich soziologische Forschung überwiegend auf die formale Qualifikation der Beschäftigten oder die institutionellen Faktoren der Qualifizierung konzentriert. Vermehrt wurde dabei auf größere Unterschiede der Qualifizierungschancen zwischen formal geringqualifizierten und fachlich ausgebildeten Arbeitskräften hingewiesen. Ob sich diese Tendenz ungleich verteilter Chancen im Kontext von Industrie 4.0 fortsetzt, ist bisher weitestgehend ungeklärt. In empirischen Studien wird bisher zu wenig beleuchtet, auf welche Art und Weise sich diese Beschäftigtengruppen neues Wissen und neue Kompetenzen im Kontext von Industrie 4.0 aneignen und welche Faktoren diese Aneignung erschweren.

Die vorliegende Dissertation greift die skizzierten Forschungslücken auf und analysiert empirische Befunde zur Einführung digitaler Technologien im Hinblick auf neue Anforderungen an unterschiedliche Beschäftigte in Industriebetrieben. Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Rekonstruktion der Lernprozesse bei Beschäftigten während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen und die Wechselwirkung zwischen technischen, organisationalen und subjektiven Faktoren. Es ist anzunehmen, dass sich die Qualifizierungschancen bei Beschäftigten in verschiedenen Funktionsbereichen unterscheiden, da dort jeweils unterschiedliche Aufgaben und Qualifikationsbedarfe vorherrschen. Es ist weiterhin anzunehmen, dass sich die Art und Weise der Technologieeinführung und weitere Arbeitsbedingungen auf die Lernbereitschaft von Beschäftigten auswirken sowie deren Bereitschaft, sich neues Wissen während der Arbeit im Umgang mit neuen Technologien anzueignen. In vorliegender Arbeit werden aus Sicht von Beschäftigten Faktoren analysiert, die sich auf die Lernbereitschaft im Prozess der Arbeit auswirken. In die Analyse werden die betrieblichen Qualifizierungsangebote und die Arbeits- und Lernbedingungen im Zusammenhang mit der Lernbereitschaft einbezogen, um daraus neue Erkenntnisse zur Gestaltung lernförderlicher Arbeitsbedingungen zu gewinnen.

Zur Klärung der vorgestellten Fragen kam ein qualitatives Forschungsdesign zum Einsatz, das einen empirischen Zugang zu arbeitsbezogenen Lernformen ermöglicht. Im Rahmen der arbeitssoziologischen Fallstudienstrategie (Pflüger et al., 2010a, 2010b; Pongratz & Trinczek, 2010; Yin, 2014) wurden in einem mehrstufigen qualitativen Forschungsdesign Daten im Zeitraum 2017-2021 in vier deutschen Großbetrieben der Metall- und Elektroindustrie erhoben. Die Feldphasen fanden zu verschiedenen Zeitpunkten während des Untersuchungszeitraums statt, um auch Entwicklungen im Zeitverlauf zu untersuchen. In einer explorativen Phase wurden explorative Werksbegehungen (10), Arbeitsplatzbeobachtungen mit Beobachtungsinterviews (15) und explorative Interviews mit Expert*innen und Betriebsrät*innen aus verschiedenen deutschen Industriebetrieben durchgeführt. In intensiven Feldphasen wurden vertiefende leitfadengestützte Interviews mit Beschäftigten (50) aus der direkten Produktion und aus der produktionsnahen Dienstleistung in regelmäßigen Abständen wiederholt durchgeführt. Die Interviews konzentrierten sich auf die subjektive Sicht der Beschäftigten auf ihre Lernanlässe, auf ihre Lernbereitschaft und auf ihre Lernbedingungen. Die Befunde aus den Interviews wurden in Gruppendiskussionen und mit betriebsinternen Dokumenten zu Industrie 4.0 und zur Qualifizierung validiert. Die Daten wurden zum einen inhaltsanalytisch nach Mayring (2010) und Kuckartz (2018) sowie zum anderen mit der dokumentarischen Methode nach Bohnsack (2010) ausgewertet. Das mehrstufige qualitative Forschungsdesign ermöglichte umfassende Einblicke in die Tiefenstrukturen eines Betriebes und eine vergleichende Analyse der Dynamiken in mehreren Betrieben im Hinblick auf die Technikeinführung auf das Lernen im Prozess der Arbeit bei unterschiedlichen Beschäftigtengruppen. Aus den empirischen Befunden konnten zudem Handlungsfelder für die Gestaltung einer lernförderlichen Arbeit herausgearbeitet werden, die sich in das programmatische Konzept ‚Gute Arbeit‘ (L. Schröder & Urban, 2016; Urban & Gerst, 2015) einfügen lassen.

1.3 Verortung und wissenschaftlicher Beitrag der Studie

Eingebettet ist die vorliegende Studie in die aktuellen Diskussionen zur Qualifizierung im Kontext von Industrie 4.0 (Ahrens & Spöttl, 2015; Botthof & Hartmann, 2015; Jürgens et al., 2017; Pfeiffer, 2015a) und in die Diskussionen über ungleiche Qualifizierungschancen im Kontext des Programms zum *Lebenslangen Lernen* (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2020; *Pressekonferenz ‚Betriebliche Weiterbildung‘*, 2017; OECD, 2021). Vor dem Hintergrund der skizzierten Problemstellung lautet die zentrale These dieser Arbeit, dass es im Kontext von Industrie 4.0 zu einer Verfestigung sozialer Ungleichheit auf der betrieblichen Ebene führt, weil die Chancen zur Qualifizierung im Kontext von Industrie 4.0 von den Lernbedingungen im Arbeitsprozess und der Position im Betrieb, dem Alter und dem Beschäftigungsstatus, aber auch mit erwerbsbiografischen Faktoren abhängig sind. In theoretischer Hinsicht knüpft die Studie an arbeitssoziologische Erkenntnisse zum subjektivierenden und objektivierenden Arbeitshandeln von Böhle (2017) an und bezieht sich auf das *handlungstheoretische Konzept zum Lernen* (Holzkamp, 1993), um die Schwankungen in der Lernbereitschaft von Beschäftigten bei der Technologieeinführung zu erklären. Das Konzept wird aus der schulischen Bildungsforschung in einen betrieblichen Rahmen übertragen und mit bestehenden Kategorien zur lernförderlichen Arbeit (Dehnbostel, 2008; Frieling, 2006) in Verbindung gebracht. Diese Kombination ermöglicht es, die

individuelle Lernbereitschaft einerseits und strukturelle Faktoren für Lernhindernisse andererseits zu analysieren, aber auch mögliche Wechselwirkungen zwischen subjektiven Lernanlässen und strukturell bedingten Lernhindernissen beim Lernen abzubilden. Indem Lernprozesse von Beschäftigten unterschiedlicher Qualifikationsniveaus, Alterskohorten und Einsatzbereiche verglichen werden, trägt die vorliegende Studie auch zur Analyse der Verteilung von Chancen der Qualifizierung bei und bietet die vorliegende qualitative Analyse einen Einblick in Mechanismen, die zu einer Verfestigung sozialer Ungleichheiten im Betrieb führen können. Von vertieften Erkenntnissen zu wenig formalisierten Lernformen, die in breiten Studien derzeit unzureichend erfasst und abgebildet sind, kann das Forschungsfeld profitieren, in dem sonst eher quantitative Analysen dominieren (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2020; *Pressekonferenz ‚Betriebliche Weiterbildung‘*, 2017; OECD, 2021). Ein zentraler Beitrag der vorliegenden Studie besteht in empirischen Einblicken in ausgewählten Industriebetrieben, um Tendenzen der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen und veränderte Anforderungen an Beschäftigte zu erkennen.

1.4 Struktur der Arbeit

Für die aufgeworfene Problemstellung wurde eine umfangreiche qualitative Studie konzipiert, die sich mit aktuellen Fragen neuer Anforderungen im Kontext von Industrie 4.0 befasst. Im Mittelpunkt steht hierbei die Sicht von Industriebeschäftigten auf das arbeitsbezogene Lernen und die Gestaltung der entsprechenden Bedingungen. Die vorliegende Dissertationsschrift verortet sich in der Arbeitssoziologie und stellt Bezüge zu angrenzenden Disziplinen wie der Bildungssoziologie und der Berufspädagogik her.

Eingangs wurden bereits die Problemstellung und die Forschungsrelevanz der Studie dargestellt sowie grundsätzliche Fragestellungen dieser Studie und der methodische Ansatz umrissen. Im Anschluss daran erfolgt im zweiten Kapitel eine Aufarbeitung des Forschungsstandes zur Qualifizierung im Kontext von Industrie 4.0. Den Ausgangspunkt bilden arbeitssoziologische Debatten über den technischen Wandel und die sozialen Folgen auf die Arbeit. Im Rahmen dessen werden zentrale Begrifflichkeiten und technikzentrierte Deutungen aus der Industrie 4.0-Debatte eingeführt. Im Anschluss folgt eine Gegenüberstellung anthropozentrischer Deutungen des technischen Wandels mit soziologischen Befunden zum Verhältnis von Arbeit. In diesem Rahmen werden drei zentrale Szenarien vorgestellt, die gegenwärtig in der arbeitssoziologischen Debatte vordergründig diskutiert werden. Die Szenarien haben Bezugspunkte zu früheren arbeitssoziologischen Debatten und zu bildungssoziologischen Debatten. Abgeleitet aus dem Forschungsstand wird die Forschungslücke konkretisiert und es werden theoretische Ansatzpunkte für die empirische Untersuchung zum arbeitsbezogenen Lernhandeln im Kontext von Industrie 4.0 formuliert. Hierbei geht es darum, den arbeitssoziologischen Zugang zum Forschungsgegenstand zu verdeutlichen. Entlang des Begriffes des subjektivierenden Arbeitshandelns werden die Ansätze verknüpft und ein theoretischer Rahmen geschaffen, um mögliche Schwankungen in Lernbereitschaft von Beschäftigten zu erklären. Hierzu wird auf lerntheoretische Begriffe zurückgegriffen. Das soziotechnische Modell bietet außerdem einen Ansatz, der zur lernförderlichen Arbeitsgestaltung

genutzt werden kann und dient dazu betrieblichen Kontext subjektzentrierter Lernhandlungen zu rahmen.

Im dritten Kapitel erfolgt die Erläuterung der methodischen Konzeption für die vorliegende Studie. Das Kapitel beginnt im ersten Abschnitt mit theoretischen Vorüberlegungen zur Umsetzung arbeitssoziologischer Fallstudien, mit der Darstellung des entwickelten Forschungsplans und mit der Beschreibung der Fallauswahl und des Samples für die vorliegende Studie. Im Anschluss daran folgt die Erläuterung der Vorgehensweisen für die Erhebung und Auswertung der Daten in den einzelnen Studienabschnitten des viertstufigen Forschungsprozesses. Am Ende des dritten Kapitels erfolgt eine zusammenfassende Reflexion zur methodischen Herangehensweise. An dieser Stelle sei auch der Hinweis auf den Anhang gegeben.

Im vierten Kapitel erfolgt die Beantwortung der aufgeworfenen Fragen zur Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen in vier untersuchten Fallbetrieben der Metall- und Elektroindustrie (M+E Industrie). Das Kapitel beginnt mit der Charakterisierung der vier untersuchten Betriebe anhand der Befunde aus dem explorativen Studienabschnitt. Im Anschluss daran folgt die vertiefte Analyse der untersuchten Funktionsbereiche des Betriebes, der als qualitative Tiefenstudie konzipiert wurde. Die Ergebnisse für unterschiedliche Funktionsbereiche des Betriebes sind als Portraits ausführlich beschrieben. Vordergründig geht es in den Portraits um die Beschreibung der Arbeitsorganisation, der Arbeitsprozesse sowie der Einführung spezifischer Technologien im Hinblick auf die Qualifikationsanforderungen. Diese Ergebnisse der Tiefenanalyse werden den Ergebnissen aus den drei Ergänzungsstudien gegenübergestellt, um die Befunde vergleichen und in ihrer Tragweite besser einzuordnen zu können. Das Kapitel endet mit einer zusammenfassenden Diskussion über technische und soziale Dimensionen von Industrie 4.0.

Im fünften Kapitel erfolgt eine vertiefte Analyse der Qualifizierung von Beschäftigten im Kontext von Industrie 4.0. Ausgehend von der explorativen Beobachtung im Tiefenfall, dass Industriebeschäftigte vordergründig im Arbeitsprozess lernen, ist die Analyse der arbeitsbezogenen Lernhandlungen unterschieden in Lernhandlungen bei qualifizierten Fach- und Führungskräften und Lernhandlungen bei geringqualifizierten Beschäftigten. Darüber hinaus wird übergreifendes Lernen in Industriebetrieben beleuchtet und die Lernbereitschaft beider Gruppen anhand lerntheoretischer Begriffe vertieft analysiert. Im Vordergrund steht die verstehende Analyse subjektiver Gründe für die Entwicklung von Lernwiderständen. Diese subjektiven Einschätzungen werden den strukturellen Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen gegenübergestellt und anhand bestehender Kriterien zur Lernförderlichkeit analysiert. Das Kapitel endet mit einer zusammenfassenden Diskussion über ungleiche Chancenverteilungen beim arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0.

Das sechste Kapitel stellt einen Zusammenhang zwischen den Befunden und den Gestaltungsansätzen zum Leitbild *Gute Arbeit* her. In einer abschließenden Reflexion geht es um Ansätze zur Gestaltung lernförderlicher Arbeit im Kontext von Industrie 4.0 und um ungelöste Spannungsfelder auf betriebspolitischer Ebene. Der abschließende Ausblick mit einem weiterführenden Forschungsbedarf beendet die vorliegende Dissertation.

2 FORSCHUNGSSTAND: QUALIFIZIERUNG IM KONTEXT VON INDUSTRIE 4.0

Mit der aufkommenden Diskussion über den technischen Wandel im Kontext von Industrie 4.0 steht seit einigen Jahren die Frage nach den Auswirkungen auf die Arbeit von Beschäftigten wieder im Mittelpunkt arbeitssoziologischer Forschung. Seit Beginn der Industriegesellschaft geht es dabei immer wieder um Erkenntnisse zu sozialen Folgen, die aus der Einführung neuer Technologien resultieren. Allgemeiner Konsens ist, dass es sich bei der Technisierung von Arbeit um einen fortlaufenden Prozess handelt, der sich in Entwicklungssprüngen vollzieht und deshalb einer kontinuierlichen Beobachtung bedarf. Der Forschungsstand mit Blick auf Qualifizierung im Kontext von Industrie 4.0 lässt sich dabei grob in zwei Strömungen einteilen: erstens in technozentrische Ansätze, zweitens in anthropozentrische Ansätze (Huchler, 2015; Pfeiffer & Huchler, 2018). Der Unterschied in diesen Ansätzen liegt in der Perspektive auf Technik und Arbeit und wird im Folgenden anhand der aktuellen Debatten skizziert. Für die Konkretisierung der Forschungslücke erfolgt die Aufbereitung des aktuellen Forschungsstandes zum Verhältnis von Technik, Arbeit und Qualifizierung und die Entwicklung eines analytischen Rahmens für die empirische Untersuchung.

2.1 Debatten über den technischen Wandel und soziale Folgen auf Arbeit

In der Debatte über den technischen Wandel der Arbeit ist der Begriff Industrie 4.0 zentral, er beschreibt das Fortschreiten eines Prozesses der Technisierung von Arbeit durch die Vernetzung mit digitalen Technologien (Forschungsunion, 2012). Im Memorandum des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (2015) ist der Begriff Industrie 4.0 wie folgt definiert:

“Der Begriff Industrie 4.0 steht für die Vierte industrielle Revolution, einer neuen Stufe der Organisation, Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an den zunehmend individuellen Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen. Basis ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbstorganisierende unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie bspw. Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen.” (BMW, 2015, S. 2)

Im deutschsprachigen Raum ist seit 2011 eine Debatte über das Phänomen Industrie 4.0 entstanden. Im Rahmen dessen ist Industrie 4.0 als neuer historischer Entwicklungssprung der Industrialisierung definiert (BMW, 2015, S. 2; Kagermann et al., 2013; Plattform Industrie 4.0, 2015). Die folgende Abbildung 1 veranschaulicht das Verständnis von Industrie 4.0, wie es gerade auch zu Beginn der eher technikzentrierten Debatte diskutiert wurde.

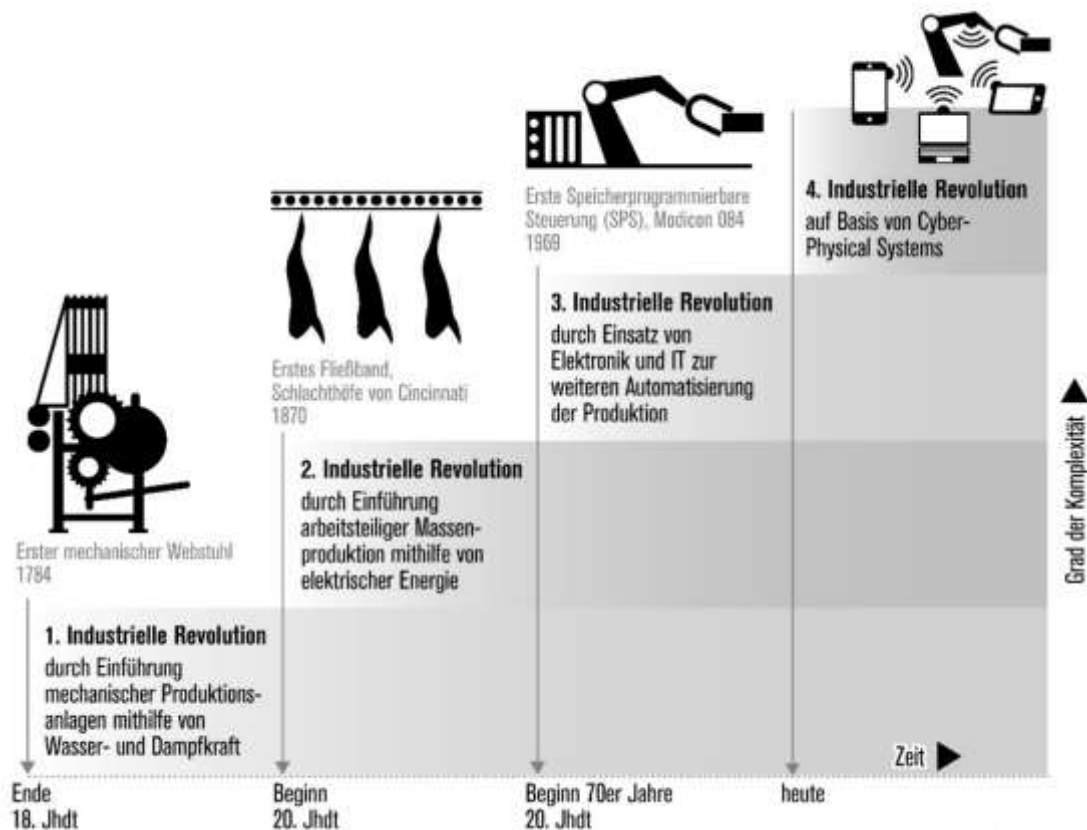


Abbildung 1: Vier Entwicklungsstufen des Industriezeitalters, Acatech 2013

Wie die Abbildung 1 zeigt, wird das Industriezeitalter in vier größere Entwicklungsstufen eingeteilt. Der jeweilige Entwicklungsabschnitt findet in Begriffen wie Industrie 1.0 (Merkmal Massenproduktion durch Maschinen), Industrie 2.0 (Merkmal Akkord und Fließband) und Industrie 3.0 (Merkmal Automatisierung durch Computer) seinen Ausdruck. Industrie 4.0 (Merkmal Digitalisierung und Vernetzung) als vierte technische Stufe des Industriezeitalters knüpft begrifflich an und reiht sich damit in eine historische Abfolge ein, in der sich aufgrund technischer Innovationen die Arbeit tiefgreifend verändert. Im Unterschied zu vorherigen Entwicklungsstufen ist jedoch anzumerken, dass es sich um eine „Technikutopie“ (Hirsch-Kreinsen, 2016c, S. 18), eine Vision handelt, die aufgrund der Merkmale neuer Technologien die Industrieproduktion in ein neues Zeitalter führt.

2.1.1 Technikzentrierte Deutungen und betriebliche Realitäten

In den vielen Publikationen zu Industrie 4.0 ist die Vernetzung über cyber-physische Systeme (CPS) ein oft herausgestelltes Merkmal (BMW, 2015; Ittermann, 2015; Ittermann et al., 2016). Unter CPS wird die informationstechnische Grundlage verstanden, die für eine Verbindung zwischen physischen und virtuellen Abläufen in der Produktion notwendig ist. Zur physischen Ebene gehören sichtbare und materielle Artefakte der Produktion wie Produktionsanlagen, Produktionsmaterialien und die Produkte. Zur virtuellen Ebene gehört die Festlegung von Algorithmen und Datenstrukturen zur Steuerung der Produktion. Die technischen Grundlagen basieren auf einer neuen Art der Hardware und Sensorik zur

Datengewinnung sowie erhöhten Rechenleistungen. In der technikzentrierten Vision sind bei Industrie 4.0 beide Ebenen des Produktionsprozesses zu einem Internet der Dinge (IoT) in sogenannten Smart Factories miteinander vernetzt. (Kagermann, 2013; Plattform Industrie 4.0, 2015).

In technikzentrierten Publikationen zu Industrie 4.0 steht besonders am Anfang der Debatte neben den technischen Voraussetzungen eine Betonung des strategischen Nutzens für die Betriebe im Vordergrund. In diesem Zuge wird auch betont, dass der Mensch im Mittelpunkt stehen soll (Kagermann et al., 2013). Die neuen Potenziale von Industrie 4.0 in der Planung, Steuerung und Organisation von Produktionsprozessen sowie ganzer Wertschöpfungsketten versprechen eine Steigerung der Effizienz in der Produktion und eine verbesserte Bewältigung von gestiegenen Markt- und Wettbewerbsanforderungen und Kundenbedürfnissen. Diese Möglichkeiten sollen anders als bisher die Produktivität erhöhen und die Wirtschaftlichkeit am deutschen Produktionsstandort sicherstellen (Bauernhansl, 2014; Bauernhansl et al., 2014; Spath & Ganschar, 2013). Der Industrie 4.0-Ansatz beinhaltet für Betriebe deshalb das Versprechen, die Wirtschaftlichkeit auf der betrieblichen Ebene der Produktion sicher zu stellen (Botthof & Hartmann, 2015; Kagermann et al., 2013; Sendler, 2013). So soll sich mit Industrie 4.0 ein neues Produktionskonzept mit drei zentralen Merkmalen herausbilden, die sich insbesondere auf die dezentrale Steuerung der Produktion beziehen. Erstens sollen neue Möglichkeiten zur Datengewinnung und erhöhte Rechenleistungen zur Verfügung stehen. Zweitens sollen diese aus realen Produktionsabläufen gewonnenen Daten vermehrt in Echtzeit und dezentral an mobilen Endgeräten zur Verfügung stehen. Drittens soll eine algorithmische Selbstanpassung der Systeme zur automatisierten Produktionssteuerung führen (Bauernhansl et al., 2014; BMWi, 2015, S. 28f.; 73f.; Kagermann et al., 2013, S. 5). Aus den neuen Merkmalen technischer Systeme leiten einige Autoren eine überdurchschnittliche Wirkmächtigkeit für die bestehenden Produktionsprinzipien ab.

„Produktion nach dem Industrie 4.0 Prinzip schafft die Voraussetzungen dafür, dass traditionelle Strukturen abgelöst werden können, die auf zentralen Entscheidungsmechanismen und starren Grenzen einzelner Wertschöpfungsschritte aufbauen. Diese werden ersetzt durch flexibel konfigurierbare Leistungsangebote und interaktive, kooperative Entscheidungsmechanismen.“ (Spath und Ganschar, 2013, S. 23)

Im Kontext von Industrie 4.0 und einer zunehmenden Digitalisierung in der Produktion postulieren Windelband und Spöttl (2012), dass sich ein neues Technologieverständnis entwickelt, das die Arbeitsteilung in den Betrieben verändert. Sie gehen dabei auf zwei alternativ diskutierte Konzepte hinsichtlich der Arbeitsteilung zwischen Menschen und Maschinen im Hinblick auf die Qualifikationsanforderungen ein. Im sogenannten Werkzeugszenario beschreiben sie neue Technologien als ein Arbeitsmittel. Das Arbeitsmittel kann zum Beispiel ein neues Expertensystem für qualifizierte Arbeitskräfte sein, bei denen es einerseits zu einer Erweiterung der Entscheidungs- und Handlungsspielräume in Arbeitsprozessen kommen könnte oder andererseits zu einer Einschränkung der Autonomie im Arbeitsprozess. Beim Automatisierungsszenario gehen sie hingegen von einer Verselbständigung der Prozesse in IT-Systemen aus, die sich unter Umständen nachteilig auf die Entscheidungs- und Handlungsspielräume in Arbeitsprozessen auswirken könnte (Deuse et al., 2015;

Dombrowski et al., 2014; Windelband & Dworschak, 2015, 2018; Windelband & Spöttl, 2012).¹ Im Hinblick auf die betrieblichen Strategien gehen Windelband und Dworschak (2015) von gänzlich neuen Möglichkeiten zur verstärkten Standardisierung der Prozesse mit digitalisierten Informations- und Planungssystemen aus (ebd.).

Aus einer technikzentrierten Sicht erhalten digitale Technologien durchweg positive Zuschreibungen und die Rede ist von einem disruptiven Wandel in der Arbeitswelt und einer *Vierten industriellen Revolution* (Bauernhansl, 2014; Baum, 2013; Dombrowski et al., 2014). Im Anschluss an die technikzentrierten Deutungen und Zuschreibungen zeigen die Befunde aus der betrieblichen Realität, dass es in deutschen Großbetrieben gerade in industriellen Kernbranchen zu höheren Durchdringungsgraden mit neuen Technologien kommt und gerade größere Betriebe oft eine Vorreiterrolle einnehmen. In der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen ist bisher jedoch empirisch keine radikale Veränderung erkennbar, sondern es handelt sich um ein kollektives Ausprobieren der neuen Möglichkeiten (Krzywdzinski, 2016).

Die wenigen vorliegenden Befunde zur Einführung neuer technologischer Einzelanwendungen in Industriebetrieben deuten darauf hin, dass sich gegenwärtig die Umsetzung von Industrie 4.0-Konzepten auf die Einführung bestimmter Anwendungen wie neue Assistenz- und Robotik-Systeme konzentriert. Am Rande experimentieren Betriebe offenbar mit weiteren Anwendungen wie sensorischen Systemen oder fahrerlosen Transportsystemen oder additiven Fertigungsverfahren wie 3D-Druck. Auch visuelle Simulationen von Prozessen sind Teil von Experimenten. Die technologischen Entwicklungen finden bisher in arbeitssoziologischen Studien kaum Eingang und bleiben zunächst Teil technikzentrierter Szenarien ohne einen Bezug zu Arbeit (Rüßmann et al., 2015). In früheren Studien zur Digitalisierung von Produktionsprozessen wurden Technologien bereits unterschieden in *automate* und *informate* (Zuboff, 1988).

Im Kontext von Industrie 4.0 zeichnen sich bisher konkrete technische Anwendungsfälle in Industriebetrieben ab. Dazu gehört eine neue Generation algorithmisch gesteuerter Assistenzsysteme, die sich in der direkten Produktion und in den produktionsnahen Dienstleistungen ausmachen lässt. Zum Beispiel können diese Assistenzsysteme die Beschäftigten bei der Ausführung ihrer Tätigkeiten in physischer oder in kognitiver Hinsicht unterstützen. Auf diese Weise sollen sie zum Erhalt und zur Erweiterung des Arbeitsvermögens beitragen oder sogar körperlich eingeschränkte Fähigkeiten der Beschäftigten ausgleichen (Apt et al., 2018, S. 19f.). Verschiedene Fallstudien zeigen, dass Assistenzsysteme auf ganz verschiedene Weise den Arbeitsprozess von Beschäftigten unterstützen können (Apt u. a., 2018; Keller u. a. 2021; Kuhlmann, Splett & Wiegrefe 2018; Niehaus, 2017). In Industriebetrieben sind das oft neue Varianten von kognitiven Assistenzsystemen, die stationär zur digitalen Werkerführung implementiert sind (Baethge-Kinsky, Marquardsen & Tullius, 2018b; Kuhlmann, Splett, & Wiegrefe 2018; Niehaus 2017; Samtleben & Rose, 2019; Warnhoff & de Paiva

¹ Anmerkung: Der konzeptionelle Unterschied zwischen einem *Automatisierungsszenario* und einem *Werkzeugszenario* liegt in den unterschiedlich verteilten Handlungs- und Entscheidungsspielräumen des Menschen und der Technik (Windelband und Spöttl 2012; Dombrowski et.al. 2014).

Lareiro, 2019) oder neuere Ansätze mobiler und virtueller Assistenzsysteme wie Wearables (Evers, Krzywdzinski & Pfeiffer, 2019). Andere Assistenzsysteme sind sogenannte physische Assistenzsysteme, die vom Benutzer getragen werden und zum Beispiel als Exoskelette o. ä. erkennbar sind. Diese Anwendungen sind aber eher noch in der Entwicklung und Erprobung, als dass sie in der Industrie bisher standardmäßig eingesetzt werden.

Neben den Assistenzsystemen sind neue Anwendungen der Leichtbaurobotik, auch sogenannte Serviceroboter oder Softroboter, vermehrt im Einsatz (Stegmüller & Zürn, 2014, Botthof & Hartmann, 2015; Windelband & Dworschak, 2018, Bauer et al. 2016, Matuschek & Kleemann, 2018). Ein Merkmal der neuen Robotiksysteme ist die direkte Interaktion mit Beschäftigten. Daraus resultierend besitzen die neuen Roboter eine hohe Anpassungsfähigkeit an die Arbeitsumgebungen und müssen besondere Sicherheitsstandards einhalten. Unterschieden werden die Roboter in (a) eigenständige Kooperations-Roboter und (b) Roboter in einer Robotervorrichtung (Spath, 2013). Diese Systeme setzen sich vermehrt durch, weil die Kosten für die Anschaffung von Robotermodulen (modulare Leichtbaustrukturen, Gelenke und nachgiebige Aktoren) erheblich gesunken sind und durch technische Weiterentwicklungen einfacher als zuvor zu integrieren sind. Fallbeispiele und veränderte Begriffe deuten darauf hin, dass die Mensch-Maschinen-Schnittstellen abgewandelt sind, denn vermehrt ist die Rede von neuen Mensch-Maschinen-Interaktionen oder von kollaborativen Robotern. Bei kollaborativen Robotern sind einzelne Handlungssequenzen der Roboter in einer neuen Weise arbeitsteilig organisiert und wechselseitig aufeinander bezogen. Die fortlaufende Kollaboration ist eine kontinuierliche Anpassung, so dass sich programmierte Regelsysteme im Robotersystem verfeinern. Bisher zeigt sich empirisch, dass im Umgang mit Leichtbaurobotern die Beschäftigten die Entscheidungsträger*innen bleiben (Matuschek & Kleemann, 2019).

Im Kontext von Industrie 4.0 sollen auch digitale oder algorithmische Planungs- und Steuerungssysteme in der Produktion, wie ERP oder PPS, zunehmend Verbreitung finden (Bauernhansl, 2014; Windelband & Spöttl, 2012). Speziell in produktionsnahen Dienstleistungen wie der Instandhaltung sind bspw. neue Entwicklungen wie die digital gestützten Formen von Predictive Maintenance vorgesehen (Acatech, 2015) und in der Logistik Konzepte wie Lean-Logistics (Hirsch-Kreinsen & Karađić, 2018; Ittermann et al., 2016; Pfeiffer, 2016; Schlick et al., 2014; Vogel-Heuser, Bauernhansl, & ten Hompel, 2017).

In der Debatte über Industrie 4.0 erhalten neue technische Entwicklungen eine hohe Relevanz, denn mit einer außergewöhnlichen Intensität und Wirkmacht sollen sie die Arbeit überdurchschnittlich prägen. Hinter dem Begriff Industrie 4.0 steht ein politisch unterstütztes Programm. Das politische Programm soll in Unternehmen die Investitionsbereitschaft fördern. Das politische Interesse besteht darin, die Stellung des Produktionssektors am Wirtschaftsstandort Deutschland im internationalen Wettbewerb zu stärken und die Innovationskraft zu erhöhen (BMBF, 2013; BMWi, 2015). Da die deutsche Industrie zunehmend unter Druck gerät, entfaltet sich das politische Programm zu Industrie 4.0 für viele deutsche Industriebetriebe zu einem Signal, in die Einführung neuer Technologien zu investieren. Aus betrieblicher Sicht entsteht der Eindruck, dass die Einführung dieser neuen Technologien alternativlos ist (Acatech, 2011; Bauernhansl et al., 2014; Erol et al., 2016; Schlick et al., 2014). Für das Jahr 2018 wird

bspw. das Investitionsvolumen für Industrie 4.0-Anwendungen in ganz Deutschland auf rund 1,5 Milliarden Euro geschätzt und im Verlauf der Studie wurden die Prognosen für Deutschland auf bis zu 2,62 Milliarden Euro bis 2020 erhöht (Statista, 2014).² Der Diskurs ist getrieben von ökonomischen Interessen und wird als „Setting einer kollektiven Agenda“ (Hirsch-Kreinsen, 2016a, S. 7) oder „professionelles Agendabuilding“ angesehen (Pfeiffer, 2015b, S. 20, 2017).

Inzwischen sind viele Bereiche der Arbeit in den unterschiedlichsten Facetten von Digitalisierung durchzogen. In empirischer Hinsicht besteht allerdings die Schwierigkeit, zwischen einer Industrie-4.0-Gesamtstrategie und unverbundenen Einzelprojekten zu unterscheiden (Huchler 2016, 2015; Pfeiffer & Huchler 2018). So wird der Begriff Industrie 4.0 in einigen Diskussionen zwar als eine tiefgreifende Veränderung der Arbeitswelt gedeutet, welche Auswirkungen allerdings mit dem neuen technischen Wandel auf die Beschäftigung zu erwarten sind, ist eine relevante gesellschaftliche Frage mit sehr unterschiedlichen Einschätzungen (Diewald et al., 2020).

2.1.2 Anthropozentrische Deutungen des technischen Wandels

Die Arbeitssoziologie greift seit einigen Jahren das Phänomen *Industrie 4.0* auf und deutet es als ein politisches Gestaltungsprojekt mit vielen Technologieversprechen. Ähnlich wie in der technikzentrierten Sichtweise ist der erste Bezugspunkt die Vision eines neuen Produktionsmodells mit den skizzierten Merkmalen verstärkter Vernetzung und Dezentralisierung der Produktion (Hirsch-Kreinsen, 2016a; Pardi et al., 2020). Konzeptionell gesehen bildet das neue Technikverständnis in *anthropozentrischen Ansätzen* aber lediglich den Ausgangspunkt und steht nicht im Vordergrund, sondern die sozialen Auswirkungen auf die Arbeit stehen im Mittelpunkt (Abel et al., 2013; Dengler & Matthes, 2015; Hirsch-Kreinsen, 2015; Klammer et al., 2017). In der arbeitssoziologischen Forschung zum technischen Wandel besteht weitestgehend Einigkeit darin, dass menschenleere Fabriken mit degradierter Arbeit empirisch nicht haltbar sind (Ahrens und Spöttl 2015a; Hirsch-Kreinsen 2016b; Hirsch-Kreinsen, Ittermann, und Niehaus 2018; Huchler und Rhein 2017).

Mit dem Aufkommen von Industrie 4.0 geht es in der arbeitssoziologischen Forschung erneut um Klärung der empirischen Fragen, inwieweit sich der neue Technisierungsschub auf die Strukturierung der Arbeitsprozesse von Beschäftigten auswirkt und ob dies die Stellung des Menschen im Produktionsprozess gefährdet (Hirsch-Kreinsen, 2015, 2016a). Eine angelehnte Frage ist dabei, ob die Einführung neuer Technologien dann zu einer Aufwertung der Industriearbeit führt und zu einem Anstieg der Anforderungen für Industriebeschäftigte (Hirsch-Kreinsen et al., 2018; Matuschek, 2016; Pfeiffer, 2017).

Bisher weichen die Einschätzungen besonders im Hinblick auf neue Anforderungen an die Beschäftigten im Kontext von Industrie 4.0 allerdings sehr stark voneinander ab (Hirsch-Kreinsen, 2016b, S. 7). In der Diskussion existieren im Wesentlichen die folgenden drei Szenarien: (a) Szenario des Upgradings von

² Anmerkung: Es handelt sich bei diesen Einschätzungen um Prognosen. Zu den tatsächlichen Investitionen liegen (bisher) keine zuverlässigen Zahlen für die Metall- und Elektroindustrie vor.

Arbeit, (b) Szenario der Substitution von Arbeit und (c) Szenario der Polarisierung von Arbeit. Die folgende Abbildung 2 veranschaulicht die Einschätzungen.

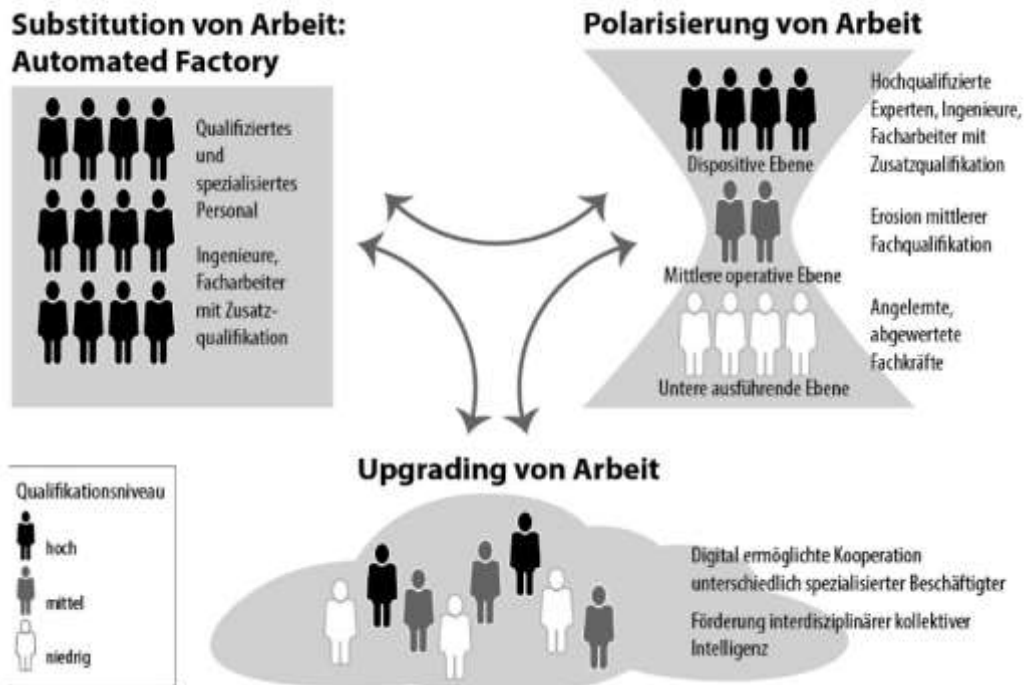


Abbildung 2: Szenarien zu sozialen Folgen von Industrie 4.0, Hirsch-Kreinsen 2016b

Wie die Abbildung 2 zeigt, ergeben sich in den drei zentralen Szenarien jeweils andere Konstellationen im Hinblick auf das Qualifikationsniveau. Diese Szenarien werden nachfolgend erläutert.

2.1.2.1 Szenario des Upgradings von Arbeit und Diskurs zur Upskillingthese

Das Szenario des Upgradings von Arbeit besagt, dass bei der Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 die Anforderungen an die Beschäftigten steigen und es zu einer durchgängigen Aufwertung der Arbeit kommt. Hintergrund dieser Einschätzung sind Studien, die mit der zunehmenden Digitalisierung gleichzeitig Produktivitätssteigerungen erwarten und daraus auf der Makroebene ableiten, dass es deshalb zu einem deutlichen Beschäftigungswachstum und zu höherwertigen Tätigkeiten mit erweiterter Selbstbestimmung in der Arbeit auf der Mikroebene kommt (Hirsch-Kreinsen, 2016b).³

Dieses Szenario bezieht sich auf die etwas ältere und internationale Diskussion über ein „General Upgrading“ (Zuboff, 1988, S. 159). Demnach steigt mit dem zunehmenden Einsatz digitaler Technologien die Verfügbarkeit von Prozessinformationen und erzeugt neue

³ Anmerkung: Besonders in Herstellerbranchen digitaler Erzeugnisse wie der Elektrotechnik soll die Entwicklung neuer Produkte demnach einen überdurchschnittlichen Beschäftigungsgewinn erbringen (Vogler-Ludwig et al. 2016, 75 zit n. Hirsch-Kreinsen 2016a).

Qualifikationsanforderungen und eine wachsende Bedeutung von „intellective skills“ (Zuboff 1988: 94 f.). Resultierend entstehen „better jobs – jobs that at every level would be enriched by an informing technology“ (ebd.: 159). Seit einigen Jahrzehnten wird die These eines kontinuierlichen Upgradings von Arbeit aufgestellt (Zuboff 1988: 10 f.). In der neueren Literatur zu sozialen Folgen des technischen Wandels finden sich ähnliche Argumente, die von einer durchgängigen Aufwertung von Arbeit ausgehen (Brynjolfsson & McAfee, 2014; Evangelista et al., 2014). Postuliert wird, dass Arbeitskräfte im Arbeitsprozess für die Entwicklung von Problemlösungen vermehrt Problemlösungskompetenzen sowie technische, kreative und gestalterische Fähigkeiten benötigen, aber auch vermehrt Fähigkeiten zur Selbststeuerung (Brynjolfsson & McAfee, 2014, S. 164).

In der deutschen Debatte über die sozialen Folgen des technischen Wandels sind ähnliche Argumente auszumachen. Den Arbeitskräften wird gleich zu Beginn der Debatte eine größere Bedeutung als bisher beigemessen, denn bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen sollen sie zu Beteiligten werden und somit zu Erfahrungsträger*innen, Entscheider*innen und Koordinator*innen im Gestaltungsprozess der Arbeit (Kagermann et al., 2013). Der Wegfall von Routinetätigkeiten wird positiv als Chance auf Weiterentwicklung gedeutet (Bundesagentur für Arbeit und Soziales (BMAS), 2017; Geisberger & Broy, 2012; Klammer et al., 2017; Plattform Industrie 4.0, 2015).

Einige Einschätzungen der Arbeitssoziologie gehen in eine ähnliche Richtung. Böhle und Rose (2017) prognostizieren etwa eine zunehmend intellektualisierte Arbeit und vermuten eine Aufwertung der Arbeitskompetenzen. Der Einsatz digitalisierter Planungs- und Steuerungssysteme in der Produktion bringt demnach neue Anforderungen und ein hohes Maß situativer Selbstorganisation hervor. Bestehende Forschung geht davon aus, dass betriebliche Weiterbildung das Upgrading unterstützt. Ein zentraler Faktor ist auch die Entwicklung erfahrungsgeliteten Wissens beim Arbeitshandeln, das bisher als nur schwer automatisierbar gilt (Pfeiffer & Suphan, 2015a, 2018). Als weitere zentrale Bedingung für ein Upgrading gelten außerdem die arbeitsorganisatorischen Muster. Wie in der Abbildung 1 ersichtlich ist, agieren unterschiedlich qualifiziert Beschäftigte auf einer Ebene der Organisation. Dolata und Schrape (2013) sehen die Bedingung als erfüllt an, wenn die Arbeit gleichberechtigt auf alle Beschäftigten verteilt ist und abgegrenzte Aufgabenbereiche fließend ineinander übergehen (ebd.). Ähnlich argumentiert Kurz (2014), der darüber hinaus in der weitreichenden Dezentralisierung und Re-Integration von zuvor getrennten Funktionen der Arbeit neue Bedingungen für die selbstbestimmte und lebensphasenorientierte Arbeit und damit eine Ausdehnung der Handlungsspielräume sieht (Kurz, 2014).

2.1.2.2 *Szenario der Substitution von Arbeit und Diskurs zur Deskillingthese*

Das Szenario der Substitution von Arbeit besagt, dass es bei der Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 zu einem Wegfall der Arbeit durch diese Technologien kommt. Hintergrund dieser Einschätzung sind Studien, die mit einer zunehmenden Digitalisierung eine Automatisierung von Routinearbeit erwarten, die auf der Makroebene zu Arbeitsplatzverlusten und somit zu negativen

Beschäftigungseffekten führt und auf der Mikroebene zu abgewerteten Tätigkeiten mit einer verengten Selbstbestimmung in der Arbeit (Hirsch-Kreinsen, 2016b).

Dieses Szenario bezieht sich auf die internationale Diskussion über die Substitutionswelle im Zuge der Digitalisierung (Brynjolfsson & McAfee, 2014, S. 10f.). Diese Erwartung ist besonders in makroökonomischen Arbeitsmarktstudien erkennbar. Ein viel zitiertes Beispiel gerade zu Beginn der Debatte ist die Prognose von Frey und Osborne (2013).⁴ Sie zeigt für den US-amerikanischen Arbeitsmarkt dramatische Beschäftigungseffekte, die durch die Digitalisierung entstehen sollen. Für 47 Prozent der Beschäftigten in den USA besteht laut dieser Prognose ein hohes Risiko, dass durch neue Technologien wie Big Data, Robotik und intelligente Algorithmen ganze Berufe wegfallen. Sogenannte Routinetätigkeiten gelten hierbei als technisch leichter ersetzbar als Nicht-Routinetätigkeiten (Frey & Osborne, 2013).⁵ Andere internationale Studien identifizieren für Beschäftigte in standardisierten Arbeitsprozessen ein erhöhtes Substitutionsrisiko, sind aber bei weitem nicht so dramatisierend (u. a. OECD 2021). In früheren Ausführungen wurde eine partielle Substitution vor allem im Segment formal gering qualifizierter Arbeit angenommen, weil standardisierte Tätigkeiten leichter in Algorithmen überführt und damit automatisiert werden können (Zuboff 1988, 10f.).

Die Prognosen wie die von Frey und Osborne (2013) zur möglichen Substitutionswelle stehen im starken Kontrast zur bisherigen arbeits- und industriesoziologischen Forschung. Das beginnt bereits bei der grundlegenden Auffassung von Arbeit, die aus einer arbeitssoziologischen Sicht heraus keine statisch geronnene Routine darstellt, sondern um eine dynamische Fähigkeit des Menschen, die sich in der Tiefe kaum in „tätigkeitsbasierten Massendatensätzen“ abbilden lässt (Pfeiffer, 2015a, S. 5; 9; 22f.). Seit Jahren zeigen zahlreiche qualitative Studien der Arbeitssoziologie, dass die Arbeit an und mit Maschinen höchst unterschiedliche Ausprägungen haben kann. Empirisch belegt ist außerdem, dass eine Automatisierung der Industriearbeit nicht zwangsläufig bei Tätigkeiten mit einem hohen Routineanteil stattfindet und sich deshalb allein aus dem Automatisierungspotenzial in Kombination mit einer Tätigkeit kaum eindeutige Beschäftigungseffekte ableiten lassen. Zudem hängt das Ausmaß an Routine bzw. Nicht-Routine bei weitem nicht nur von den verwendeten produktionstechnologischen Verfahren oder Steuerungstechnologien o. ä. ab, sondern wird maßgeblich von den Rahmenbedingungen der Arbeitsplätze und der Betriebe mitbestimmt. Pfeiffer (2002) belegt außerdem, dass selbst in hochautomatisierten Industriezweigen wie der Chemiebranche das Erfahrungswissen von Beschäftigten entscheidend ist, was sich aber einer vollständigen Objektivierung durch Technik entzieht (ebd. 30ff.)⁶

⁴ Anmerkung: Die Berechnungen zu den Substitutionspotenzialen bei Frey und Osborne beziehen sich auf ganze Berufe und unterschätzen die Variation der Aufgaben innerhalb der Berufe (Frey & Osborne 2013).

⁵ Anmerkung: In der Studie greifen die Autoren auf den Unterschied zwischen Routine- und Nicht-Routinetätigkeiten zurück. Der Routineansatz bildet seit Ende der 1960er-Jahre das kategoriale Fundament in der internationalen Arbeitsmarktforschung (Autor et al., 2003; Consoli & Rentocchini, 2015), (D. H. Autor, Levy, und Murnane 2003; Consoli & Rentocchini 2015). Dieser Ansatz ist seit der Subjektivierungsdebatte und der empirischen Forschung zum Erfahrungswissen (u. a. Pfeiffer & Suphan 2015) in der deutschen Arbeits- und Industriesoziologie äußerst umstritten.

⁶ Anmerkung: In der Studie kommt es zum Upskilling bei formal gering qualifizierten Chemiearbeitern durch Qualifizierung. Sie entwickeln sich zu kompetenten und qualifizierten Chemikanten/innen. In der Chemiebranche wurde - anders als oft befürchtet - der „Faktor Mensch zunehmend wichtiger“, weil die Aufgabenbereiche fachliches Expertenwissen und Erfahrungswissen erfordern.

Trotz der eindrücklichen arbeitssoziologischen Erkenntnisse über die „Grenzen des Routine-Ansatzes“ (Pfeiffer, 2015a, 11; 22f.) kommt es in der deutschen Debatte über die sozialen Folgen des technischen Wandels anfangs zu ähnlich dramatischen Einschätzungen wie in internationalen makroökonomischen Arbeitsmarktstudien. Technikzentrierte Argumente sehen in den neuen Technologien einen Wegfall von Arbeit. Eine dieser Einschätzungen besagt, dass es in Deutschland in wenigen Jahrzehnten „keine Jobs mehr für niedrig qualifizierte Arbeiter in der industriellen Produktion“ geben wird (Bauernhansl zit. n. Spath et al. 2013, 125).

Im Gegensatz dazu kommen Bonin et al. (2015) für Deutschland mit Berechnungen der Automatisierungswahrscheinlichkeit zu einer abgeschwächten Einschätzung für die mögliche Substituierbarkeit⁷ von Berufen bzw. Berufsbildern (Bonin et al., 2015). Die Ergebnisse der Studie zeigen zwar, dass die Substituierbarkeitspotenziale „über alle Anforderungsniveaus hinweg und in fast allen Berufssegmenten gestiegen sind.“⁸ (ebd.)⁹ Aber die Dateninterpretation erfolgt anders. Der starke Anstieg verdeutlicht demnach eher, dass sich die Einsatzmöglichkeiten neuer Technologien in einigen Berufen schneller entwickeln als sich die Tätigkeitsprofile der Beschäftigten anpassen lassen, was aber keinesfalls mit einem Wegfall dieser Arbeitsplätze gleichzusetzen ist. Mit der Einführung neuer Technologien verändern sich demnach die Anforderungen bei Beschäftigten, aber es verschwinden in den seltensten Fällen ganze Berufe (Dengler & Matthes, 2015, 2018). Es stellt sich heraus, dass die für die USA berechneten Substituierbarkeitspotenziale nicht auf die Situation in Deutschland übertragbar sind und ein „Ende der Arbeit“ (Rifkin, 2004, 2013) mit soliden Berechnungen kaum zu belegen ist. Mit diesen Einschätzungen relativiert sich im Verlauf der Debatte die These einer weitreichenden *Substitutionswelle*. Hinweise gibt es aber darauf, dass mit einem Anstieg der Anforderungen für formal gering qualifizierte Tätigkeiten mit mehr Routinearbeit und für qualifizierte Industriearbeit mit weniger routinierten Tätigkeiten zu rechnen ist (Dengler & Matthes, 2015, S. 14ff.).

Studien von Unternehmensberatungen wie der Boston Consulting Group (2015) prognostizieren für Deutschland wiederum keine Substitutionswelle, sondern einen Zuwachs an Beschäftigung mit ca. 390.000 zusätzlich geschaffenen Arbeitsplätzen (Rüßmann et al., 2015). Währenddessen räumen andere einen Abbau von Beschäftigung v. a. in Schlüsselbranchen wie der Elektro- und Automobilindustrie ein, aber betonen dabei, dass sozialverträgliche Aushandlungen und eine verstärkte Mitbestimmung im Gestaltungsprozess der Digitalisierung in den Berechnungen oft unterschätzt bzw. nicht berücksichtigt werden (Haipeter et al., 2019). Aus Sicht einiger Autor*innen könnten neue technologische Möglichkeiten zur Steuerung und Kontrolle nun den menschlichen arbeitsrelevanten Kompetenzen generell überlegen sein (Becker 2016; Botthof und Hartmann 2015; Jürgens, Hoffmann, und

Deutlicher Zusammenhang bei Unwägbarkeit und zeitkritischen Störungsfällen, denn dort wird das ganze Repertoire des menschlichen Wissens abgefragt. Außerdem wurde mit dem Einsatz von Technologien körperlich belastende Arbeit minimiert.

⁷ Anmerkung Das Substituierbarkeitspotenzial gibt an, inwiefern Berufe beziehungsweise berufliche Tätigkeiten gegenwärtig durch den Einsatz von Computern oder computergesteuerten Maschinen ersetzt werden könnten (Dengler & Matthes, 2015).

⁸ Anmerkung: Eine Ausnahme bilden IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe sowie medizinische und nicht-medizinische Gesundheitsberufe. Das ist vor allem dadurch zu erklären, dass sich die Berufsbilder in diesen beiden Berufssegmenten verändern und technologische Anforderungen den Beruf kaum beeinflussen (Dengler & Matthes, 2015).

⁹ Anmerkung: Zwischen 2013 und 2016 ist der Anteil sozialversicherungspflichtig Beschäftigter in Berufen mit einem hohen Substituierbarkeitspotenzial von circa 15 Prozent auf rund 25 Prozent gestiegen (ebd.).

Schildmann 2017). Andere Autoren betonen die Möglichkeit einer kurzfristigen Substitution von Arbeit, wobei digitale Technologien zur Planung und Steuerung von Arbeit das Potenzial haben, besonders Routinetätigkeiten zu ersetzen, was aber eher einer positiven Deutung entspricht. Eine mögliche Substitution geringqualifizierter Industriearbeit kann demnach auch die Arbeit der Beschäftigten verbessern, weil etwa ergonomisch inakzeptable Tätigkeiten von intelligenten Robotersystemen übernommen und Beschäftigte von stark beanspruchenden oder gesundheitsgefährdenden Tätigkeiten entlastet werden (Ittermann et al. 2011, Abel et al. 2014, Hirsch-Kreinsen 2012, 2017, 2019, Wienzek & Virgillito 2018, Kutzner et al. 2019). Zudem sehen befragte Expert*innen im Kontext Industrie 4.0 auch das Potenzial, die im Zuge des Fachkräftemangels entstandenen Lücken zu schließen (Hirsch-Kreinsen, 2016b, S. 8).

2.1.2.3 Szenario der Polarisierung von Arbeit

Das Szenario des Upgradings von Arbeit besagt, dass es bei der Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 zu einer Polarisierung kommt. Das beinhaltet ein partielles Upgrading und eine partielle Substitution von Arbeit. Damit verbunden ist die Erwartung, dass es auf der Makroebene gleichzeitig zu einem Beschäftigungswachstum und zu einem Beschäftigungsabbau kommt (Hirsch-Kreinsen, 2016b). Hintergrund dieser Einschätzungen sind internationale und vorwiegend makroökonomische Berechnungen. Demnach ist mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Szenarios zu rechnen (Autor, 2015; Autor & Dorn, 2013; Bachmann et al., 2019; Goos et al., 2009; OECD, 2015; Picot, 2013; Staab & Prediger, 2019).

Das Szenario bezieht sich auf die länger anhaltende internationale Diskussion über eine Polarisierung während des gesellschaftlichen Wandels im Kontext neuer Technologien. Die Vertreter*innen der Polarisierungsthese gehen von einem Szenario des „Growing Gap“ (Brynjolfsson und McAfee 2014) oder von dem Szenario eines „Digital Divide“ (van Deursen & van Dijk, 2011; van Dijk, 2005) aus. Die Bezugspunkte der Einschätzungen zu „Lousy and Lovely Jobs“ (Goos & Manning 2003) sind aber nicht explizit auf Industrie 4.0 bezogen.

In der englischsprachigen Debatte ist dabei von einem „skill-biased technical change“ (Brynjolfsson und McAfee 2014: 136)¹⁰ die Rede. Der Begriff beschreibt eine zunehmende soziale Spaltung zwischen hoch und niedrig Qualifizierten bei einem fortschreitenden Einsatz digitalisierter Technologien. Demnach nehmen die Anforderungen zu und komplexe Tätigkeiten erfordern zunehmend eine höhere Qualifikation. Gleichzeitig bleiben in stark automatisierten Arbeitsfeldern nur niedrige Anforderungen bestehen und die Handlungsspielräume in Bereichen mit einfachen Tätigkeiten verengen sich (ebd.). Aus dieser Perspektive wird mit einer erhöhten Nachfrage nach hohen Qualifikationen und mit einer

¹⁰ Anmerkung: In der internationalen Debatte zu digitalen Technologien ist von einem „Digital Divide“ oder „Digital Inequality“ (exemplarisch van Dijk 2005) die Rede. Die Debatte befasst sich seit den 1990er Jahren mit ungleichen Voraussetzungen, sich Kompetenzen für neue Technologien anzueignen. Die Befunde aus der Debatte weisen allerdings kaum einen direkten Bezug zur Arbeit auf.

sinkenden Nachfrage nach niedrigen und mittleren Qualifikationen gerechnet (Brynjolfsson & McAfee, 2014, S. 10f.).

In der deutschen Debatte wird dieses Szenario ebenfalls diskutiert und von einer sich öffnenden „Schere zwischen komplexen Tätigkeiten mit hohen Qualifikationsanforderungen einerseits und einfachen Tätigkeiten mit niedrigem Qualifikationsniveau andererseits“ gesprochen, bei der „mittlere Qualifikationsgruppen zunehmend an Bedeutung verlieren“ (Hirsch-Kreinsen 2015). Das würde bedeuten, dass bislang qualifizierte Tätigkeiten auf mittlerem Qualifikationsniveau – wie etwa die Montage – an Bedeutung verlieren (Hoffmann & Bogedan, 2015; Kuhlmann, 2020; Kuhlmann et al., 2018). Auf der betrieblichen Ebene beschreibt die These der Polarisierung ein arbeitsorganisatorisches Muster, das ein Auseinanderdriften von Qualifikationsanforderungen und Handlungsspielräumen im Arbeitsprozess und dem Qualifikationsniveau der Beschäftigten begünstigt und damit eine „Ausdifferenzierung von Qualifikationen ‚nach oben‘ und ‚nach unten‘“ (Hirsch-Kreinsen, 2016b, S. 9). Zum Ausdruck kommt dies mit dem Begriff der „Polarisierten Organisation“ (Hirsch-Kreinsen, 2014, S. 24).

Im Kontext von Industrie 4.0 deuten empirische Befunde für die Instandhaltung in deutschen Industriebetrieben bereits auf eine zaghafte Verschiebung in den Aufgabenzuschnitten hin (Baethge-Kinsky, Kuhlmann, et al., 2018; Baethge-Kinsky, Marquardsen, et al., 2018a, 2018b). Andere Befunde zu Industrie 4.0 belegen ein Upskilling für die industrielle Instandhaltungsarbeit. Bisher bestanden Aufgaben darin, die Funktionsfähigkeit von Maschinen und Anlagen sicherzustellen bzw. wiederherzustellen. Mit Konzepten wie *Predictive Maintenance* wird deutlich, dass mehr überfachliche Kompetenzen für Abstimmungsprozesse und mehr informationstechnische Kompetenzen als bisher erforderlich sind. Weiterhin brauchen Instandhaltungskräfte mehr Kompetenzen zur Datenanalyse für den Umgang mit abstrakten Informationen aus den Maschinendaten, um aus den technisch-generierten Auswertungen die richtigen Schlussfolgerungen zu ziehen. In diesem Bereich der Facharbeit wird daher vorwiegend mit erhöhten Anforderungen und der Aufwertung fachlicher Arbeitskompetenzen gerechnet, denn vernetzte Maschinen und Anlagen interagieren zunehmend miteinander und damit steigt die Komplexität in der Bewältigung von Instandhaltungsaufgaben (Ahrens & Spöttl, 2015; Windelband & Dworschak, 2015).

Zusammengenommen zeigen die skizzierten Szenarien, dass in der Diskussion über die sozialen Folgen des technischen Wandels äußerst widersprüchliche Einschätzungen existieren. Diese sind mit makroökonomischen Studien jeweils fundiert. Diese sehr unterschiedlichen Einschätzungen verdeutlichen die Anknüpfungspunkte an die zentralen Debattenstränge der Arbeitssoziologie, die im Folgenden nachgezeichnet werden, um die Verortung der vorliegenden Studie zu verdeutlichen.

2.1.3 Bezugspunkte der Szenarien in arbeitssoziologischen Debatten

Im Kontext von Industrie 4.0 zeigen die skizzierten Szenarien, dass es widersprüchliche Entwicklungsverläufe im Kontext von Industrie 4.0 geben kann. Die Szenarien spiegeln im Wesentlichen

auch die zentralen Thesen des arbeitssoziologischen Forschungsstandes wider, der die länger andauernde Diskussion über die sozialen Folgen des technischen Wandels beinhaltet. Überwiegend haben die Diskussionsstränge ihre Wurzeln in der marxistischen Auffassung zum Verhältnis von Technik und Arbeit (Brandt, 1984). Marx hat bereits sehr früh erkannt, dass Technik als Arbeitsmittel einen prägenden Einfluss auf die Arbeit hat und das zentrale Regulativ der Mensch mit seinem Arbeitsvermögen ist (ebd.).

2.1.3.1 Debatten über die Automatisierung und Polarisierung der Arbeit

Eine der älteren Debattenstränge der Arbeitssoziologie – die eher technikzentrierte Automatisierungsdebatte in den 1950er und 1960er Jahren (Böhle, 1998) – bildet einen Bezugspunkt zu den aktuellen Szenarien. Die Debattenlinie beschreibt kritisch die Entwicklungsstufe von der handwerklichen Arbeit zur mechanisierten Arbeit durch die Automatisierung. Empirisch zeigten Popitz u. a. (1957), dass die Standardisierung von Arbeitsprozessen zu einer Verengung von Handlungsspielräumen bei der Arbeit führt und distanzieren sich damit zur marxistischen Auffassung, dass der technische Wandel die Arbeit vorwiegend positiv beeinflusst (Popitz et al., 2018, S. 33 ff.). Es stellte sich heraus, dass eine Automatisierung der Arbeitsprozesse dazu führt, dass Arbeit vom menschlichen Faktor der Arbeit befreit wird und menschliche Arbeit ersetzen kann (Brödner 2015, 2018, 2019).

In den 1970er Jahren entstand eine etwas differenziertere Sicht auf die Automatisierung in der damaligen Industriearbeit. Die umfangreiche Studie *Industriearbeit und Arbeiterbewusstsein* (Kern & Schumann, 1970, 1977, 1984) stellte im Rahmen der Automatisierungsdebatte in mehreren Branchen Polarisierungstendenzen fest.¹¹ Demnach teilt die fortschreitende Automatisierung mehrere Aspekte von Arbeit in zwei Pole auf: Die nachgefragten Qualifikationen in einer Gruppe spalteten sich in eine Gruppe von „Automatisierungsgewinnern“ und einen „Bodensatz minderqualifizierter Arbeit[er]“ mit einem Ungleichgewicht zwischen ausführender und planender Arbeit (Kern und Schumann 1970). Außerdem war das subjektive Erleben der Arbeiterschaft ebenso stark gespalten. Einfache Arbeiter mit restriktiven Teilaufgaben nahmen sich im Produktionsprozess vorwiegend als Objekt wahr und Arbeitskräfte mit mehr Qualifizierung nahmen sich vorwiegend als handelnde Subjekte wahr (Kern & Schumann, 1970). Die Polarisierungsthese stand lange im Zentrum der Automatisierungsdebatte und empirisch bestätigte sich die These in mehreren Studien bei Mickler (1976) oder Weltz et al. (1973). Außerdem gab es empirische Hinweise darauf, dass eine Polarisierung verstärkt wird, wenn sich politische Unternehmensinteressen mehr durchsetzen als die Interessen der Beschäftigten (Schmitz 1973).

¹¹ Anmerkung: In methodischer Hinsicht verband die damalige Studie die subjektiven Sichtweisen der Beschäftigten hinsichtlich der Einführung neuer Automatisierungslösungen und stellte sie den objektivierten Gegebenheiten am Arbeitsplatz gegenüber. Das Studiendesign der vorliegenden Arbeit orientiert sich am methodischen Zugang bei Kern und Schumann. Beobachtungen mit typisierten Arbeitsplatzbeschreibungen und teilstandardisierte Interviews zur Beschreibung der Funktionsweisen von Technik und Organisation wurden über einen längeren Zeitraum durchgeführt und subjektive Sichtweisen der Beschäftigten den objektiven Arbeitsbedingungen gegenübergestellt.

Die Polarisierungsthese ist auch Gegenstand in der frühen anglo-amerikanischen Arbeitsprozessdebatte der 1970er Jahre¹², die zugespitzt über die Degradierung der Arbeit diskutiert. Zentral ist die These, dass mit jedem Technikeinsatz im Arbeitsprozess das Wissen der Arbeitskräfte *objektiviert*,¹³ und eine taylorisierte Arbeitsorganisation verstärkt wird. Auf diese Weise entstehen Beschäftigtengruppen mit privilegierter Arbeit in hochqualifizierten Segmenten und niedrig qualifizierte Beschäftigtengruppen in repetitiven Arbeitsprozessen. Arbeitskräfte an einfach zu bedienenden Maschinen benötigen für die Ausführung der Aufgaben weniger Fertigkeiten als zuvor und fremdbestimmte Anweisungen führen zur Abnahme sinnlicher und intuitiver Aspekte von Arbeit (Braverman, 1977, S. 167ff.). In der Folge ist weniger Bildung erforderlich und den Arbeitskräften steht immer weniger Wissen über den gesamten Arbeitsprozess zur Verfügung. Das führt laut Braverman dazu, dass neue Kontrollpotenziale für das Management der Arbeit durch kodierte Informationen entstehen, die dem Prinzip der effizienten Planung und Risikovermeidung in Arbeitsprozessen dienen. Bei Arbeitskräften in stark genormten und kleinteilig organisierten Arbeitsprozessen nehmen damit die Lernvorgänge ab, was eine Entfaltung menschlicher Fähigkeiten gefährdet und nur an einigen wenigen Stellen einen höheren Bildungsgrad und eine wachsende geistige Anstrengung abverlangt (Braverman, 1977, S. 160). Im internationalen Raum waren diese Thesen umstritten. Wesentliche Kritikpunkte erzeugte damals die Vernachlässigung subjektiver Handlungsansätze wie etwa Möglichkeiten des Ausweichens, der Gegenwehr oder der Widerstände bei Arbeitskräften (Burawoy, 1979).

Die Debattenlinie wurde dennoch in den 1980er und 1990er Jahren weitergeführt und Polarisierungstendenzen bezüglich der Qualifikationsanforderungen auch mit der Umsetzung von Computer Integrated Manufacturing (CIM) empirisch belegt. Nur für einzelne Tätigkeiten in bestimmten Segmenten kam es zu einem Anstieg der Qualifikationsanforderungen. Deutlich erkennbar war eine Aufspaltung im Qualifikationsniveau der Beschäftigten, die im Rahmen der CIM-Debatte allerdings zu zugespitzten Pauschalisierungen wie „einem wachsenden Heer von Erwerbslosen stehen hochkarätige Olympiamannschaften gegenüber“ (Fiedler & Regenhard, 1991, S. 31). Abgeleitet aus dem Befund aus der früheren CIM-Debatte (Hirsch-Kreinsen & Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung, 1990)¹⁴ erwarten Arbeitssoziologen eher strukturkonservative Anpassungen in

¹² Mit Bezug auf die marxistische Entfremdungsthese im Buch *Die Arbeit im modernen Produktionsprozess* (Braverman, 1977) ist ein mehrstufiger Prozess der Spaltungen beschrieben, der hier nicht detailliert ausgeführt ist.

¹³ Mit dem Begriff der Objektivierung beschreibt Braverman eine umfangreiche *Kodifizierung des Erfahrungswissens* durch neue technische Entwicklungen, die in historischen Abständen zu Verschiebungen in den Beschäftigungsstrukturen und zu einer *Polarisierung* führen. Seine Begründungslinie läuft jedoch etwas anders. Problematisch ist laut Braverman der Wechsel des subjektiven Wissens in eine maschinelle Umgebung, weil dies die vorhandene Trennung intellektueller und ausführender Arbeit in der industriellen Produktion verschärft, die seit der Einführung tayloristischer Prinzipien die Arbeit in die sogenannte Hand- und Kopfarbeit aufteilt. Aus seiner Sicht kommt es zur Abnahme und Degradierung *manueller Arbeit*, weil *Arbeitswissen zunehmend in eine „maschinelle Umgebung wechselt“*, die Arbeitskräfte weniger Wissen benötigen und Maschinen den Arbeitstakt vorgeben (Braverman, 1977, S. 46). Eine Entwertung sieht er in der Ausführung monotoner und repetitiver Arbeitsschritte mit einfach zu bedienenden Maschinen. Langfristig prognostiziert er mit jedem neuen Technikeinsatz und mit jedem neuen Organisationskonzept eine weitere Substitutionstendenz menschlicher Arbeitskraft, die eine wachsende Unzufriedenheit mit der Arbeit fördert, weil der Mensch hinter seinen Möglichkeiten bleibt (Braverman 1977, 13ff.).

¹⁴ Anmerkung: Der soziotechnische Ansatz wurde ursprünglich in den 1950er Jahren entwickelt. Hirsch-Kreinsen (1990) verwendet ihn in Bezug auf die CIM-Debatte, um die Wechselbeziehungen in Betrieben zwischen der technischen und organisatorischen Seite der Arbeit und den Arbeitskräften zu erklären. Technische Entwicklungen wie Computer Integrated Manufacturing (CIM) sollten damals eine computergesteuerte Planung und Steuerung der Produktion ermöglichen. Mit zahlreichen Einzelverfahren wie CAD, CAM, ERP,

Industriebetrieben, weil sich neue digitale Anwendungen in bestehende Strukturen oft traditionell geprägter Betriebe einfügen müssen. Die These zur Pfadabhängigkeit steht in der Diskussion über die sozialen Auswirkungen im Kontext von Industrie 4.0. Ökonomische Investitionsüberlegungen sorgen demnach dafür, dass sich bereits in der Auftragsvergabe zur Entwicklung technologischer Anwendungen für Industriebetriebe strukturkonservative Ansätze im Kontext von Industrie 4.0 beobachten lassen. Im Zeitverlauf sind zwar Veränderungen in den Betrieben wahrzunehmen, die Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 führt aber nicht zu einem disruptiven Wandel der Arbeit, weil ein Wandel von Arbeit nicht monokausal über Technologien erklärbar ist. Die technische Machbarkeit allein ist nicht entscheidend für die Einführung neuer Technologien, sondern die Anpassungsleistung in gewachsene Strukturen der Betriebe. Die vorliegenden Befunde der CIM-Debatte belegten einen Wandel der Tätigkeits- und Qualifikationsstrukturen, aber nicht eine vollständige Automatisierung oder das Szenario einer menschenleeren Fabrik (Kinkel 2008). Beim Einsatz von teil- und vollautomatisierten Produktionsstraßen rückten Fragen zur Qualifizierung der Beschäftigten im Rahmen der These einer Polarisierung in den Mittelpunkt. Zur Steuerung automatisierter Produktionsabläufe waren einerseits immer höher qualifizierte Beschäftigte gefragt und andererseits wurden für belastende „Restarbeiten“ zugleich geringer qualifizierte Arbeitskräfte benötigt. Die erkennbar zunehmende Automatisierung der Arbeitsprozesse in der Produktion war mit der Hoffnung auf eine weniger belastende Arbeit verbunden, aber auch mit Ängsten zum Beschäftigungsabbau in „mensenleeren Fabriken“ (Brödner 1997).

In Bezug zur Einführung neuer Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) in den 1990er Jahren belegte auch Schmiede (1996) ein Ungleichgewicht. Der massive Beschäftigungsabbau in fast allen Segmenten der Arbeit verstärkte die Tendenzen zur Polarisierung auf der gesellschaftlichen und der globalen Ebene.¹⁵ Auf der einen Seite stand eine große Zahl von Beschäftigten, die mit wachsender Anspruchslosigkeit der Arbeit, beschleunigten Produktionstaktungen und mit steigenden psychischen Belastungen, welche durch subtile Zwänge der Gruppenarbeit verstärkt wurden, konfrontiert waren. Auf der anderen Seite brachte die Informatisierung der Gesellschaft hochqualifizierte Beschäftigtengruppen in High-Tech-Branchen hervor (ebd.).¹⁶

PPS ließen sich nun die Produktionsprozesse digital abbilden und abteilungsübergreifend die Produktion steuern, was aber zu einer zunehmenden Standardisierung der Arbeit führte und den Wegfall von Handlungsspielräumen in der Arbeit begünstigte (Zäh 2003). Aber es stellte sich heraus, dass allein die technische Machbarkeit nicht entscheidend ist, sondern die Einführung neuer Technologien besonders von der Anpassungsleistung in gewachsene Strukturen der Betriebe abhängt. Für die Industriearbeit wurde belegt, dass neue Systeme entweder strukturkonservativ oder strukturbildend genutzt werden und stark mit der Gestaltung der Arbeitsorganisation zusammenhängen (Hirsch-Kreinsen 1990: 36). CIM wurde zur Rationalisierung der Produktion vor allem zuerst in großen, innovationsaffinen Betrieben eingeführt und damit in gewachsene Strukturen. Zu Beginn kam es daher bei der Umstrukturierung der Arbeit zu mehr Anpassungsproblemen in den sogenannten Vorreiterbetrieben (Hirsch-Kreinsen 1990: 155). In diesem Zusammenhang wurde auch die These der Pfadabhängigkeit diskutiert.

¹⁵ Anmerkung: Im Buch *Ende der Arbeit* bezeichnet Jeremy Rifkin (1995) diese globale Tendenz als *Zwei Drittel-Gesellschaft mit „Just-in-Time-Beschäftigung“* (ebd., 148) und einer „neuen Reservearmee“ (ebd., 134).

¹⁶ Anmerkung: Für akademisch ausgebildete Fachkräfte weiteten sich Handlungsspielräume zur Steuerung ihrer Arbeit aus, aber aus subjektiver Sicht erfuhren sie gleichzeitig eine entfremdete Arbeit, die aus Stress durch Überarbeitung bestand und deren Beschäftigungsaussicht ebenfalls als „dauerhaft unsicher“ eingeschätzt wurde. Sie nahmen außerdem eine objektivierte „Entfremdung“ durch programmierte Prozesse für die Nutzer wahr (ebd.).

Im Kontext von Industrie 4.0 ist noch nicht eindeutig klar ob, die neuen Technologien strukturkonservativ oder strukturbildend entwickelt und genutzt werden. Klar ist hingegen, dass dies eng mit arbeitsorganisatorischen Mustern verbunden ist und erst die wechselseitigen Beziehungen mit soziotechnischen Kontexten soziale Folgen beeinflussen (Dolata & Schrape, 2013; Hirsch-Kreinsen, 2014, 2015; Hirsch-Kreinsen et al., 2018; Pfeiffer & Huchler, 2018; Pfeiffer & Suphan, 2015a).

2.1.3.2 Debatten über die Technisierung und Subjektivierung der Arbeit

Zeitgleich wiesen subjektzentrierte Studien auf Grenzen der Objektivierung und die Grenzen einer Substituierbarkeit von Arbeit hin und belegten empirisch, dass selbst in hochautomatisierten und hochtechnisierten Arbeitsprozessen viel Erfahrungswissen im Umgang mit neuen Technologien erforderlich ist, das nicht einfach zu objektivieren ist (Bauer et al., 1999; Böhle & Milkau, 1988).¹⁷ Seit den 1980er Jahren wurde Bravermans Argumentation mehrfach in der deutschsprachigen Arbeitssoziologie aufgegriffen und teilweise empirisch widerlegt. Es zeigte sich insbesondere durch qualitative Studien, dass mit dem fortschreitenden technischen Wandel eine Objektivierung von Wissen nur in einem begrenzten Ausmaß möglich ist und zum Arbeitshandeln nicht mehr nur die rational wissenschaftlich-technische Beherrschung des Wissens im Vordergrund steht, sondern eine relevante Komponente das Erfahrungswissen ist. Die empirischen Belege führten zur Subjektivierungsthese und einer konzeptionellen Neuorientierung mit einer eindeutigen Abkehr vom Technikdeterminismus (Böhle, 1998).

Anfang der 2000er Jahre entstehen im Rahmen der Subjektivierungsdebatte empirische Studien, die aus subjektzentrierter Sicht schwer zu objektivierende Anteile der Arbeit untersuchen. Das erweist sich allerdings oft als herausfordernd, da subjektivierte Anteile der Arbeit zwar im Subjekt verankert sind, aber von diesem nicht immer unmittelbar wahrgenommen werden oder exakt beschreibbar sind (Kleemann et al., 1999). Bauer und Munz (2004) verdeutlichen zudem, dass Erfahrungswissen nicht durch Bücher o. ä. vermittelbar ist, sondern die Entwicklung von Erfahrungswissen besondere Anforderungen im Arbeitsprozess erfordert. Bolte (2000) nutzt den Begriff des Erfahrungswissens für die Beschreibung des situativen Arbeitshandelns in unvorhersehbaren oder unkontrollierbaren Situationen und stellt damit heraus, dass Erfahrungswissen insbesondere für Probleme wichtig ist, für die es keine fertigen Lösungen oder systematischen Wissensbestände gibt (Bolte 2000). Ergänzend dazu wird Flexibilität und Kreativität im Arbeitsprozess betont (Neuweg 2015). Allerdings nehmen einige Autoren weiterhin Bezug auf die Polarisierungstendenzen und verweisen in Bezug auf die betriebliche

¹⁷ Anmerkung: In der Subjektivierungsdebatte steht konzeptionell der Begriff *Erfahrungswissen* im Mittelpunkt. Der Begriff bezeichnet ein Wissen über die Eigenschaften von Arbeitsgegenständen und Arbeitsmaterialien und bezieht sich somit auf ähnliche Sachverhalte, Situationen und Vorgänge wie das systematische und objektivierbare Fachwissen (Böhle 2015; Böhle u. a. 2017). Der Begriff hat viele Gemeinsamkeiten mit dem Wissensbegriff bei Polanyi (1985). Demnach beruhen explizite Wissensanteile meist auf einem kognitiven Wissen und grenzen sich von impliziten Wissensanteilen ab. Das umfasst v. a. subjektiv verankerte Aspekte des Arbeitshandelns. Konzeptionell ermöglicht der Begriff eine empirische Erfassung der Anteile von Arbeit, die nicht immer unmittelbar erkennbar oder „von außen“ für analytische wissenschaftliche Reflexionen weniger zugänglich sind (Böhle 2015; Böhle u. a. 2017). Das menschliche Handeln im Arbeitsprozess und Technologien sind als ein Hilfs- und Arbeitsmittel zur Entscheidungsunterstützung konzeptualisiert, die mehr oder weniger routiniert von Beschäftigten verwendet werden. In einigen quantitativen Studien ist der Ansatz ebenfalls erkennbar (Alda 2013; H. G. Bauer, Munz, und Pfeiffer 1999; W. Bauer u. a. 2019).

Ebene mit der Feststellung, dass es in einem spiralförmigen Prozess – der aus dem Zusammenspiel betriebropolitischer und arbeitsorganisatorischer Entwicklungen auf der einen Seite und subjektiven Verhaltensweisen auf der anderen Seite entsteht – zur weiteren Verfestigung polarisierter Tendenzen kommt. Sie weisen auf alternative Phänomene hin, die in der Debatte über das *Lebenslange Lernen* systematisch verkürzt werden. Das beinhaltet eine Diskrepanz zwischen politischen und ökonomischen Imperativen einerseits und den widerständigen Lernformen, weil permanentes Lernen individuell als eine Zumutung erlebt wird (Bolder & Hendrich, 2000, S. 57).

2.1.3.3 Debatten über die Digitalisierung und widersprüchliche Entwicklungen der Arbeit

Die skizzierten Debattenstränge der Arbeitssoziologie sind auch in der aktuellen Debatte über die Veränderungen der Qualifikationsanforderungen im Kontext von Industrie 4.0 erkennbar. Unbestritten ist die These einer Erhöhung der Qualifikationsanforderungen in Arbeitsprozessen (Abel et al., 2014; Abel & Ittermann, 2013; Hirsch-Kreinsen, 2017; Ittermann & Eisenmann, 2018; Kutzner, 2018). Widersprüchliche Einschätzungen zeigen sich im Detail:

Im Kontext von Industrie 4.0 hat sich die Subjektivierungsthese inzwischen zu einer zentralen Argumentationslinie entwickelt (Adami et al., 2008; Alda, 2013; Böhle, 2015; Böhle & Sauer, 2019; Egbringhoff et al., 2003; Kleemann et al., 1999; Pfeiffer & Suphan, 2015a, 2018). Das Erfahrungswissen kann demnach auch nicht durch ein systematisch erworbenes Wissen aus institutionellen Umgebungen objektiviert werden, weil es sich in der kontinuierlichen Auseinandersetzung in Arbeitsprozessen und damit verbunden mit entsprechenden Anforderungen im Arbeitsprozess entwickelt. In der Umsetzung von Industrie 4.0 ist Erfahrungswissen demnach gerade in unbekanntem Situationen wie den Einführungsprozessen oder in Störsituationen erforderlich. Viele menschliche Eingriffe sind trotz Automatisierung und Informatisierung unerlässlich für die Einführung neuer Technologien und Anpassungen an die Produktionsprozesse. Das beinhaltet die situative und kontinuierliche Verständigung über Arbeitsgegenstände und situatives Kooperieren im Arbeitsprozess in einem gemeinsam geteilten Erfahrungsraum, was der Orientierung im Arbeitshandeln dient und sich kontinuierlich modifiziert oder erweitert (Böhle 2021, S. 24ff.). Darüber hinaus stellt Erfahrungswissen im Umgang mit Unwägbarkeiten im Arbeitsprozess ein zentrales Element dar (Böhle, 2017, S. 49 ff.). Aus subjektzentrierter Sicht wird im Kontext von Industrie 4.0 erwartet, dass die generelle Akzeptanz der Technologieanwendungen im Arbeitskontext vorwiegend nur aus subjektzentrierter Sicht zugänglich ist (Seyrkammer 2015, Pfeiffer 2016). Dem Erfahrungswissen wird im Kontext von Industrie 4.0 eine wichtige Rolle eingeräumt, weil wachsende Anforderungen in hochautomatisierten Arbeitsumgebungen erwartet werden (Alda, 2013; Huchler, 2015; Lee & Pfeiffer, 2019; Pfeiffer & Suphan, 2015b; Windelband & Dworschak, 2015, 2018).

Im Gegensatz zur Subjektivierungsdebatte wird auch die Objektivierungsthese im Rahmen der Diskussion über die Informatisierung der Arbeit bis heute fortgeführt. Die Argumente beziehen sich auf eine neue „Qualität der Digitalisierung“ (Boes 2017), die zu einem Umbruch in der Arbeitswelt führen soll, weil durch die Kodifizierung von Informationen inzwischen selbst subjektgebundenes Wissen zu

objektivierten Wissensbeständen während des Arbeitshandelns transformiert werden kann und eine neue Voraussetzung für die Anwendung tayloristischer Prinzipien zur Steuerung, Kontrolle und Rationalisierung von Arbeit wird (Baukrowitz u. a. 2006; Boes 2017; Boes und Kämpf 2012). Subjekte erzeugen demnach durch ihre Interaktionen neue Informationen und Wissensquellen, die Subjekten zugeordnet werden können, aber durch den Computereinsatz in eine materielle und subjektunabhängige Form gebracht werden. Beim Arbeitshandeln transformieren sich somit subjektive Informationen im Arbeitsprozess in objektivierte Informationen. Auf diese Weise sollen subjektabhängige Daten und Informationen anderen Nutzern zugänglich werden und darüber hinaus für die ökonomische Nutzung überführbar sein. Die entstandenen Informationen schaffen demnach eine „kommunikative Fachlichkeit mit neuen beruflichen Identitäten“ (Boes 2017, 155ff.). Ein zentraler Begriff in der Argumentation ist der sogenannte Informationsraum. Dieser Raum wird als ein sozialer Handlungsraum für eine „neue gesellschaftliche Handlungsebene“ gedeutet (Boes 2017, 155). Das globale Internet gilt dabei als technische Basis, die subjektive Informationen im globalen Raum verfügbarer für andere macht. In Bezug auf die Arbeitswelt gilt dieser Raum als ein sozialer Raum für das Arbeitshandeln, der die Arbeitshandlungen und die Arbeitsorganisation neu strukturieren soll. Der Informationsraum bestimmt demnach arbeitsorganisatorische Muster und strukturiert Arbeitsabläufe auf der zeitlichen, räumlichen und inhaltlichen Ebene neu (ebd.). Weil der Raum neue Formen der Kommunikation und Interaktion ermöglicht und digitalisierbare Arbeitsgegenstände global zugänglich macht, soll er einen regelrechten Produktivkraftsprung ausgelöst haben und wird deshalb auch als „Raum der Produktion“ (Boes 2017, 155) bezeichnet. Die empirischen Bezugspunkte bleiben jedoch etwas vage in Bezug auf die These und vernachlässigen die informellen Aspekte der Arbeit, die außerhalb digitaler Handlungsräume stattfinden.

Bis heute steht auch im Kontext von Industrie 4.0 wiederholt die Polarisierungsthese im Zentrum einiger Studien mit dem Verweis, dass sich widersprüchliche Entwicklungen in der industriellen Einfacharbeit¹⁸ und in der industriellen Facharbeit in typischen Funktionsbereichen der direkten Produktion wie Montage, Bestückung usw. und der produktionsnahen Dienstleistungen wie Logistik und Instandhaltung abzeichnen. Im Kontext von Industrie 4.0 gehen trotz der vorliegenden Befunde aus der Subjektivierungsdebatte aber auch einige Autoren davon aus, dass die Arbeit zwar nicht wegfällt, aber bestimmte Anteile von Arbeit vermehrt unter Druck geraten (Abel, Hirsch-Kreinsen, und Ittermann 2014; Abel, Ittermann, und Steffen 2013; Ittermann, Niehaus, und Hirsch-Kreinsen 2015, Hirsch-Kreinsen 2017). Insbesondere liegt der Fokus auf den Risiken für besonders gefährdete Beschäftigtengruppen wie etwa formal gering qualifizierte Beschäftigte, ältere gering qualifizierte Beschäftigte oder gering qualifizierte Beschäftigte mit Migrationshintergrund. In diesen Gruppen könnten bestehende Qualifikationen für die ansteigenden Anforderungen eventuell nicht mehr ausreichen (Abel, Hirsch-Kreinsen, und Ittermann 2014; Hirsch-Kreinsen 2017; Ittermann und Eisenmann 2018).

¹⁸ Anmerkung: Der Begriff industrielle Einfacharbeit bezeichnet Tätigkeiten, die schnell erlernbar sind und nur nach kurzen Qualifizierungs- oder Einarbeitungsprozessen ausgeführt werden können. Diese Arbeit ist oft hochgradig repetitiv oder monoton. Die Tätigkeiten sind in der Regel arbeitsplatz- bzw. arbeitsbereichsbezogen. Eine einschlägige Berufsausbildung ist für diese Tätigkeiten nicht erforderlich (Abel et al., 2014).

Im Bereich der industriellen Arbeit gilt die sogenannte Einfacharbeit als ein besonderer Arbeitstypus, der bis heute eine hohe Bedeutung hat (Abel u.a. 2014). Zum Beispiel in der manuellen Bedienung spezialisierter Werkzeugmaschinen, bei manuellen Tätigkeiten in der Montage oder der manuellen Kommissionierung im Logistikbereich spielt spezifisches Wissen im Arbeitsvollzug eine untergeordnete Rolle und wird nur in kurzen Einarbeitungssequenzen vermittelt (Hirsch-Kreinsen, 2017, S. 8f.). Hirsch Kreinsen (2017) räumt zwar eine Abnahme industrieller Einfacharbeit infolge der fortschreitenden Digitalisierung ein, aber zeigt ebenso eine mögliche Pluralisierung des Erscheinungsbildes des Arbeitstypus auf, indem er hypothetische Entwicklungspfade anführt: (1) Automatisierung der industriellen Einfacharbeit, (2) Upgrading industrieller Einfacharbeit, (3) Digitalisierung industrieller Einfacharbeit und (4) strukturkonservative Stabilisierungen industrieller Einfacharbeit. Wie sich die Einfacharbeit bspw. in der Logistik entwickelt, zeigen weitere empirische Beiträge, auf die an dieser Stelle verwiesen werden soll (Hirsch-Kreinsen & Karačić, 2018).

Arbeit war bereits vor dem Aufkommen von Industrie 4.0 durch standardisierte Produktionssysteme und Reorganisationskonzepte gekennzeichnet (Baethge-Kinsky & Tullius, 2007) und ist nach vielen Einschätzungen einem besonderen Substitutionsrisiko ausgesetzt, wie in den skizzierten Szenarien bereits deutlich wurde. Empirisch eindeutig belegt ist die These einer fortschreitenden Substitution industrieller Einfacharbeit bisher keineswegs, aber es gibt aktuelle Hinweise darauf, dass die Einführung neuer Technologien nur zögerlich zu steigenden Anforderungen führt und sich eher die Handlungsspielräume der Beschäftigten verengen (Windelband et al. 2011). Im Bereich der industriellen Logistkarbeit zeigt eine Studie von Windelband und Spöttl (2012), dass der Umsetzungsstand von Industrie 4.0-Ansätzen zum Zeitpunkt der Studie zwar noch wenig erkennbar ist, sich dafür aber eine vermehrte Digitalisierung der Arbeitsmittel wie Papierdokumente usw. abzeichnet, was durch einen erhöhten Informationsfluss (IoT) sichtbar wird. Trotz der Automatisierung von Prozessen und der Digitalisierung von Informationen sind zu diesem Zeitpunkt kaum gravierende Veränderungen der Anforderungen an die Beschäftigten ersichtlich, aber es zeichnen sich zwei grundlegende Entwicklungsrichtungen ab. Eine Entwicklungsrichtung ist demnach der industrielle Technikeinsatz, der sich auf die Anforderungen an die Beschäftigten einerseits und die Gestaltung der Arbeitsorganisation andererseits auswirkt. Hierbei zeigt sich, dass sich in einigen Teilen der industriellen Logistkarbeit mit dem Technikeinsatz die Aufgaben vereinfacht haben, was zur Folge hatte, dass „...niedrig qualifiziertes Personal zu geringeren Lohnkosten und ohne lange Anlernzeiten schnell eingesetzt werden konnte“ (Windelband & Spöttl, 2012, S. 214). Diese Entwicklung betraf vorwiegend Beschäftigte aus dem Bereich der Einfacharbeit – also an- und ungelernte Beschäftigte, die nur wenig Einfluss auf die Prozessabläufe und die Gestaltung der eingesetzten Technik hatten. Ein zentraler Befund der Studie im Hinblick auf die Bedeutung der Technik im Arbeitsprozess der Logistik war, dass bei einer erweiterten Teilautomatisierung die “Technik Entscheidungen [übernimmt] und per programmgesteuerter Abläufe technologisch vordefinierte Arbeitsroutinen durch[führt]“ ebd., 215). Sichtbar wurde eine Vereinfachung der operativen Aufgaben. Die Ausnahme bildeten Störungen und Probleme mit dem System, die aber von hochqualifizierten bzw. oft akademisch ausgebildeten Fachkräften bearbeitet werden.

Im Gegensatz dazu veränderten sich bei akademisch ausgebildeten Fachkräften mit dem Technikeinsatz die Arbeitsabläufe und die Aufgaben deutlicher. Die freigesetzten Kapazitäten hatten zur Folge, dass „Aufgabenfelder umfangreicher und vor allem vielfältiger wurden.“ (Windelband & Spöttl, 2012, S. 215). Bei der eingesetzten Technologie handelte es sich um Assistenzsysteme, die es ermöglichten, in Problemsituationen in den jeweiligen Prozess einzugreifen. Die Entscheidungsfindungen waren nicht im System implementiert, sondern in der Regel erhielten die Fachkräfte unterstützende Informationen über Prozesse und ließen diese in Entscheidungen einfließen. Dafür benötigten sie spezifisches Wissen wie etwa jenes über Produktionsprozesse und über technische Steuerungen. Auf diese Weise hatten die Fachkräfte Chancen, u. a. die Prozess- und die Technikgestaltung in einem anderen Ausmaß als die An- und Ungelernten im Bereich der Einfacharbeit zu beeinflussen (Windelband et al., 2011). Ähnliche Befunde belegen für die hochautomatisierte Industriemontage, dass es in technischen Berufen im Maschinen- und Anlagenbau zu einem Anstieg der Anforderungen kommt. Hierbei stellte sich heraus, dass selbst in hochautomatisierten Arbeitsprozessen viel Erfahrungswissen von Beschäftigten erforderlich ist, weil rationales Wissen nicht für die Lösungen der komplexer werdenden Probleme ausreicht (Böhle, 2015; Pfeiffer & Suphan, 2015a).

Festzuhalten bleibt daher, dass im Kontext von Industrie 4.0 unterschiedliche oder sogar widersprüchliche Tendenzen in Bezug auf die Anforderungen in der Industriearbeit zu erwarten sind und sich auch die betrieblichen Ansätze im Hinblick auf die Einführung neuer Technologien und die Qualifizierung unterscheiden. Besonders für Arbeitskräfte mit einem nicht-akademischen Qualifizierungsgrad besteht demnach das Risiko, dass einige Kompetenzen zukünftig an Bedeutung verlieren (Autor und Dorn 2013, Autor 2010, 2015). Im Gegensatz dazu argumentieren zum Beispiel Huchler und Rhein (2017), dass mit Blick auf die Umsetzung von Industrie 4.0 alle Arbeitskräfte ihr Erfahrungswissen benötigen und die Notwendigkeit in Studien oft unterschätzt wird (ebd.). Möglicherweise werden Bruchlinien sichtbar, wenn Arbeitshandlungen nur aus der Ausführung vorgegebener oder geplanter Handlungsschritte bestehen (Bolte und Sauer 2021) und gleichzeitig die kommunikativen Aspekte der Arbeit, die schwer objektivierbar und automatisierbar sind, einer technologischen Objektivierung gegenüberstehen (A. Picot & Neuburger, 2008). Für die industrielle Arbeit zeichnet sich an einigen Stellen ab, dass Arbeitsprozesse zunehmend durch objektivierbare Entscheidungen über Technik neu strukturiert werden und somit auch die Entwertung der Arbeitskompetenzen in Betracht kommt (Baethge-Kinsky, Marquardsen, und Tullius 2018b; Lee und Pfeiffer 2019; Windelband und Dworschak 2018; Windelband und Spöttl 2012).

Ob im Kontext von Industrie 4.0 eine Objektivierung des Erfahrungswissens zunimmt und dies eventuell neue Polarisierungstendenzen begünstigt oder sogar verstärkt, ist in der Debatte noch nicht abschließend geklärt und erfordert weitere empirische Belege, die nicht nur die subjektiven Sichtweisen, sondern auch das betriebliche Geschehen erfassen.

2.1.3.4 Debatten über die Qualifizierung im Kontext von Kontext 4.0

Im Rahmen der skizzierten Szenarien und Debatten über den Wandel der Arbeit wird die Qualifizierung im technischen Wandel in der Arbeitssoziologie als unverzichtbar angesehen, um Beschäftigte für neue Anforderungen vorzubereiten (u. a. Boes 2017). In der arbeitssoziologischen Debatte über die Qualifizierung verdeutlicht sich aber seit Jahren eher ein Polarisierungstrend, weil die Zugangschancen zur Qualifizierung bei verschiedenen Beschäftigtengruppen ungleich verteilt sind. An einem Pol befanden sich Beschäftigte, die für den Umgang mit neuen Technologien über entsprechende Kompetenzen verfügten. An dem anderen Pol fehlten den Beschäftigten eben diese Möglichkeiten, sich neue Kompetenzen anzueignen (Kern und Schumann 1970). Diese Tendenz ist bis heute in mehrfacher Hinsicht gerade auch aus bildungssoziologischer Sicht umfangreich belegt.

In den internationalen Diskursen zum technischen Wandel in der Arbeitswelt und auch in Deutschland entwickelt sich die Qualifizierung zur zentralen politischen Forderung (Botthof & Hartmann, 2015; Jürgens et al., 2017; Kinkel, 2008). Berufliche Qualifizierung soll eine gesellschaftliche Spaltungstendenz eindämmen. Studien belegen, dass mit mehr Weiterbildung die allgemeine Beschäftigungssicherheit ansteigt und zu einer stabilen Lohnentwicklung führt (OECD 2021). Verbunden damit ist die Erwartung, dass es zu einer erhöhten Weiterbildungsnachfrage kommen würde, um sich neue Denk- und Handlungsweisen für abstrakte und konkrete Anforderungen in übergreifenden Problemlagen anzueignen (Brynjolfsson und McAfee 2014: 167). Die Forschung zu Bildungserträgen zeigt außerdem, dass die Teilnahme an Weiterbildung das Risiko der Arbeitslosigkeit wirkungsvoll senken kann (Ebner und Ehlert 2018). Von politischer Seite kam es in Deutschland zur Entwicklung der Nationalen Weiterbildungsstrategie (BMBF, 2019) und zur gesetzlichen Verankerung eines arbeitsbezogenen Bildungsanspruchs im Qualifizierungschancengesetz und im Arbeit-von-Morgen-Gesetz (BMBF, 2019).¹⁹

Die Debatte über die Qualifizierung bezieht sich seit Jahren auf verschiedene Dimensionen des *Lebenslanges Lernens*.²⁰ Die Betonung der gesellschaftlichen Dimension ist in den letzten Jahren

¹⁹ Anmerkung: Die Vorerfahrungen aus der Vergangenheit haben dazu geführt, Qualifizierung im digitalen Wandel frühzeitig einzubeziehen. Seit der Debatte zur Humanisierung der Arbeit in den 1970er Jahren ist bekannt, dass mit der Qualifizierung positive Effekte auf wirtschaftliche Erfolge zu erwarten sind. Die positiven Effekte von Weiterbildung zeigten sich in der Vergangenheit in einer allgemeinen Zunahme der Beschäftigungssicherheit und in einer stabilen Lohnentwicklung (Autorengruppe Bildungsberichterstattung 2020, OECD 2021).

²⁰ Anfänglich wurde der Terminus *Lebenslanges Lernen* synonym zu angelsächsischen Begriffen wie etwa *lifelong education* oder *education permanente* verwendet. Im Rahmen des europäischen Jahres zum *Lebenslanges Lernens* (1996) entwickelt sich der Begriff zum Paradigma. Der Begriff des Lebenslanges Lernen hat eine individuelle und eine gesellschaftliche Dimension. Bezogen auf den individuellen Lebensverlauf beinhaltet er eine Abweichung vom linearen Zusammenhang zwischen Lebensalter und Lernleistung, der zugunsten von Phasenmodellen aufgelöst ist. Hier geht es um ein zeitlich erweitertes Verständnis von Lernen, das neben traditionellen Bildungseinrichtungen für Kinder oder Jugendliche das Lernen als gesamtheitliche Lebensaufgabe betrachtet. Lernen ist demnach ein gekoppelter Prozess des Weiterlernens, der als Ideal des freiwilligen Aufnehmens, Erschließens, Deutens und Einordnens von Informationen während des gesamten Lebens formuliert wird (Kirchhöfer 2004: 54ff.). Er wird seither von lebenslanger Erziehung unterschieden. In der Diskussion wird von einem dreistufigen Ordnungsrahmen gesprochen, der einen ersten Anhaltspunkt für die Untersuchung der Qualifizierung von Beschäftigten bietet. Die Begriffe sind im internationalen Kontext etabliert (OECD 2006: 4). Auch in den Europäischen Qualifikationsrahmen (EQR) findet diese dreistufige Unterscheidung Eingang. Für Deutschland ist dies im Deutschen Qualifikationsrahmen (DQR) verankert.

zunehmend zu beobachten. Aus dieser Perspektive ist *Lebenslanges Lernen* ein Prozess, der alle gesellschaftlichen Mitglieder einschließt. Auf der individuellen Ebene geht es um das Lernen mit Blick auf den Lebensverlauf und auf die gesamtheitliche Lebensaufgabe. Dieses individuelle Lernen ist definiert als ein Prozess des Weiterlernens, das nicht nur in traditionellen Bildungseinrichtungen stattfindet. Abweichungen vom linearen Zusammenhang zwischen Lebensalter und Lernleistung zugunsten von Phasenmodellen auflöst. Die Art und Weise, wie Lerninhalte von verschiedenen Individuen bewältigt werden, hängen dabei vom Grad der Standardisierung und Zertifizierung von Lernsettings ab. Dieses Verständnis vom individuellen Lernen beinhaltet aber auch das Ideal des „freiwilligen Aufnehmens, Erschließens, Deutens und Einordnens von Informationen während des gesamten Lebens“ (Kirchhöfer 2004, S. 54f.). Im Kontext der Digitalisierung geht es vermehrt um die Rolle der Bildung im digitalen Wandel, um gesellschaftliche Teilhabe zu ermöglichen und gesellschaftliche und soziale Spaltungstendenzen einzudämmen. Innerhalb eines politisch geformten Rahmens befinden sich Leitlinien mit verschiedenen Begrifflichkeiten in den einzelnen Diskurssträngen, was für eine gewisse Unübersichtlichkeit sorgt. Im Folgenden wird auf zwei zentrale Stränge Bezug genommen, die sich auch in methodischer Hinsicht grundlegend unterscheiden:

Ein zentraler Strang befasst sich mit der regelmäßigen Bildungsberichterstattung auf internationaler und auf nationaler Ebene (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2020). Diese eher quantitativen Studien beziehen sich oft auf institutionalisierte Weiterbildungsformen. Ein weiterer zentraler Strang befasst sich speziell mit der Verschränkung von Lernformen im Arbeitskontext, was aus arbeitssoziologischer Sicht besonders relevant ist. Im Mittelpunkt steht der Begriff des arbeitsbezogenen Lernens. Hierbei handelt es sich um eine weniger institutionalisierte Lernform, wobei die Arbeit und das Lernen in enger Weise miteinander verknüpft sind. Beide Stränge werden im Folgenden mit ihren zentralen Begriffen nachgezeichnet, um daraus konzeptionelle Zugänge für die empirische Studie zu entwickeln.

Wie die aktuelle Forschung zur ungleichen Teilnahme an formeller Weiterbildung zeigt, konzentrieren sich betriebliche Weiterbildungsangebote vorwiegend auf sehr gut ausgebildete Fachkräfte, um sie auf die Aufgabenveränderung im technischen Wandel vorzubereiten (Windelband & Spöttli, 2012, S. 215ff.). Diese Tendenz lässt sich an breit aufgestellten Bildungsberichterstattungen wie im Adult Education Survey (AES) ebenfalls ablesen. Die Weiterbildungsbeteiligung²¹ ist in Deutschland zwar insgesamt auf einem hohen Niveau (AES-Trendbericht 2016) und die betrieblich finanzierte Weiterbildungsbeteiligung steigt seit 2018 sogar auf den bisher höchsten Wert (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2020; Janssen & Leber, 2015). Allerdings zeigt sich im Vergleich mit anderen Ländern seit Jahren ein besonders stark ausgeprägtes Ungleichgewicht in der Weiterbildungsteilnahme für Deutschland. Trotz hochentwickelter und leistungsstarker Bildungsstandards sowie zunehmenden Investitionen in die Weiterbildung besteht seit Jahren ein ungelöstes Problem darin, dass für bestimmte Gruppen der Zugang zu formaler Weiterbildung erschwert ist. Zum Beispiel ist die Beteiligungsquote an

²¹ Anmerkung: Berufliche Weiterbildung unterscheidet sich in Angebote mit mehr spezifischen oder mit mehr allgemeinen Elementen. Angebote mit einer hohen Verwertbarkeit am Arbeitsmarkt und unternehmens- oder branchenübergreifenden Anwendungsfeldern fördern eine Bereitschaft zur Teilnahme. Im Gegensatz dazu besteht eine geringere Bereitschaft zur Teilnahme bei spezifischen Angeboten, die in bestimmten Unternehmen, spezifischen Berufen oder Tätigkeiten verwertbar sind.

formaler Bildung äußerst niedrig bei formal gering qualifizierten, älteren oder befristet Beschäftigten. Sie nehmen viel weniger an Weiterbildung teil und erhalten damit geringere Chancen, sich auf die wachsenden Anforderungen am Arbeitsmarkt vorzubereiten (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2020; BMBF, 2015). Bildungssoziologische Studien belegen außerdem, dass sich die ungleiche Teilnahme an formaler Weiterbildung in Deutschland seit längerem im Lebensverlauf fortsetzt. Die Tendenzen zu Bildungsungleichheit beginnen oft in der schulischen Bildung und setzen sich dann in der beruflichen Sozialisation fort. An formaler Weiterbildung nehmen selten Beschäftigte teil, die in Segmenten der Einfacharbeit tätig sind. Das sind vorwiegend ältere oder befristet Beschäftigte, die formal gering qualifiziert sind. Allerdings arbeiten sie damit in einem Segment, von dem zurzeit angenommen wird, dass ein erhöhtes Automatisierungsrisiko besteht (Alheit & Dausien, 2002; Kleinert & Wölfel, 2018; Wotschack & Solga, 2014). Laut Einschätzungen der OECD sind derzeit rund 18 Prozent der Arbeitsplätze in Deutschland betroffen, die zukünftig wegfallen könnten, weil eine Maschine die Tätigkeiten übernimmt (OECD, 2021; *Pressekonferenz ‚Betriebliche Weiterbildung‘*, 2017; Saar & Räis, 2017). Von politischer Seite wird deshalb seit längerem versucht, Anreize für eine höhere Beteiligung in der Weiterbildung für diese Gruppen zu schaffen und die strukturellen Unterschiede in der Weiterbildungsteilnahme auszugleichen (BMBF, 2019).

Die Gründe für die ungleich verteilte Weiterbildungsteilnahme sind verschieden. Die Bildungsforschung unterscheidet hierbei zwischen Mustern der Fremdselektion und Selbstselektion. Zur Fremdselektion gehören alle Faktoren, Akteure und Mechanismen in Betrieben, in Familien oder im Bildungssystem, die auf Bildungsentscheidungen und Bildungsverläufe einwirken. Zu den Mustern der Selbstselektion gehören individuelle Handlungspraktiken und Entscheidungen von Individuen und Gruppen, die von sozialen Faktoren und Kontexten wie biografischen Erfahrungen, Werten und Zielen, Informationen und Kompetenzen geprägt sind (Becker & Lauterbach, 2004, 2010, 2016; Offerhaus et al., 2010).²² Laut OECD liegen die Gründe für ungleiche Weiterbildungschancen im fehlenden Wissen über die rechtlichen Ansprüche auf Bildung, in fehlenden Standards zu Bildungszeiten und finanziellen Fördermöglichkeiten. Die zentralen Empfehlungen konzentrieren sich für Deutschland daher derzeit vor allem auf eine Gestaltung der Weiterbildungsangebote für Beschäftigte mit geringen Kompetenzen und geringen Einkommen, die sich stärker an den Bedürfnissen von formal gering qualifiziert Beschäftigten orientieren sollen, aber auch finanzielle Anreize schaffen, einheitlich geregelte Bildungszeiten und die Anerkennung nicht-formal oder informell erworbener Fähigkeiten beinhalten (OECD, 2021).²³

²² Anmerkung: Im Rahmen der Diskussion über *Lebenslanges Lernen* wird bspw. die mangelnde Einsicht der Menschen in die Notwendigkeit und die Vorteile der Weiterbildung, neben finanziellen Restriktionen, als Begründungslinie für die ungleiche Teilnahme an Weiterbildungen angeführt (*Finanzierung lebenslangen Lernens*, 2004, S. 65ff.; Friedrich-Ebert-Stiftung et al., 2005).

²³ Anmerkung: Die OECD-Studie (2020) untersucht, wie das deutsche Weiterbildungssystem Menschen und Unternehmen im technischen Wandel der Arbeitswelt unterstützt. Laut OECD sind formal gering qualifizierte Beschäftigte besondere Bildungsgruppen. Sie sind seltener in Vollzeit beschäftigt, haben einen niedrigeren Verdienst, sind häufiger von Arbeitslosigkeit betroffen und in weniger ausgeprägten sozialen Netzwerken aktiv. Damit wirkt sich eine geringere Bildung auf die individuellen Chancen im Lebensverlauf negativ aus. Die soziale Kluft zwischen den Bildungsgruppen scheint bis auf wenige Ausnahmen (Dänemark und Finnland) eine generelle Tendenz in allen OECD-Ländern zu sein. Im Vergleich gehen Länder mit einer geringeren Kluft auf die Bedürfnisse gering qualifizierter Beschäftigter ein und bieten modularisierte Teilqualifikationen an (ebd.).

Studien zeigen aber auch, dass die betriebliche Arbeitspolitik eine große Rolle beim Abbau von Bildungsungleichheiten spielt. Häufig entscheiden Investitionsbereitschaft und die Strukturen der Betriebe über eine Teilnahme an Weiterbildung (Leuze et al., 2012).²⁴ Außerdem tragen Merkmale wie betriebliche Interessenvertretungsstrukturen und eine mitarbeiterorientierte Personalarbeit dazu bei, ob auch formal gering qualifizierte Beschäftigte vermehrt an betrieblich finanzierten Weiterbildungsmaßnahmen teilnehmen. In Betrieben mit diesen Merkmalen sind die Weiterbildungsquoten bei dieser Beschäftigtengruppe signifikant höher und verhindern gleichzeitig Ausgrenzungsmechanismen durch negative Zuschreibungen (Saar & Räis, 2017; Wotschack, 2016, 2017). Allerdings können betriebliche Aushandlungen zur Weiterbildung aufgrund eines kennzahlenbasierten Bildungscontrollings konfliktbehaftet sein, weil etwa die Berechnung von Weiterbildungskosten und Abwesenheitskosten dazu führt, dass möglichst niedrige Weiterbildungskosten entstehen und andererseits ein hoher Bildungsbedarf besteht. Kennzahlenbasiertes Bildungscontrolling führt daher oft dazu, dass die Potenziale von Weiterbildung oft noch nicht vollständig ausgeschöpft sind (Käpplinger, 2010).

Im Gegensatz zu den umfangreichen Studien, die sich überwiegend auf die Teilnahme an formalen Weiterbildungen in Aus- und Weiterbildungseinrichtungen konzentrieren, ist die Studienlage zum arbeitsbezogenen Lernen teilweise weniger umfassend. In einem breiter gefassten Begriffsverständnis ist arbeitsbezogenes Lernen als ein Prozess der Aneignung definiert, der direkte Bezüge zur Arbeit aufweist und zu einer tätigkeitsbezogenen Erweiterung vorhandener Kompetenzen individueller oder kollektiver Subjekte führt (Kirchhöfer, 2004, S. 130). Es bestehen zahlreiche Verschränkungen zwischen der Arbeit und dem jeweiligen Lernkontext (Rauschenbach & Otto, 2008). In einem enger gefassten Begriffsverständnis differenzieren sich arbeitsbezogene Lernformen nach Dehnbostel (2020) in: (a) arbeitsintegriertes Lernen, (b) arbeits(platz)nahes Lernen und (c) arbeitsorientiertes Lernen.

- Das *arbeitsintegrierte Lernen* (work-integrated learning) ist eine Lernform, die sich auf den jeweiligen Arbeitsgegenstand bezieht und direkter Bestandteil der Arbeitsaufgabe ist. Meist findet hierbei keine räumliche und inhaltliche Trennung von Arbeit und Lernen statt, Lernort und Arbeitsort sind identisch. Das Lernen wird damit zu einem Teil des unmittelbaren Arbeitshandelns in Bezug auf die Arbeitsaufgabe (Dehnbostel, 2006, 2016; T. Schröder & Dehnbostel, 2021). Beispiele sind: das Lernen im Prozess der Arbeit und am Arbeitsplatz, aber auch Online-Communities als Teil der unmittelbaren Aufgabe und am Arbeitsplatz.
- Beim *arbeitsplatznahen Lernen* (work-connected learning) besteht eine direkte räumliche und organisatorische Verbindung zwischen Arbeit und Lernen. Der Lernprozess ist nicht ein direkter Teil der Arbeitsaufgabe und findet nicht unmittelbar während der Ausführung der Tätigkeit statt, aber er weist inhaltlich eine große Nähe und Relevanz zur Arbeitsaufgabe auf bzw. kann arbeitsplatznah stattfinden. Das Lernen kann beispielsweise an anderen Lernorten stattfinden, die nicht direkt mit der Arbeitsaufgabe verbunden sind, und der Lernort ist nicht der

²⁴ Anmerkung: Die Erwerbstätigen nehmen am häufigsten an berufsbezogener Weiterbildung teil: Das betriebliche Segment (71 Prozent aller 18- bis 64-Jährigen besuchten Weiterbildungsaktivitäten); nicht berufsbezogene Weiterbildung (20 Prozent) und individuelle berufsbezogene Weiterbildung (10 Prozent). “ (AES 2016).

unmittelbare Arbeitsplatz, kann aber ein Teil des Betriebes sein (T. Schröder & Dehnbostel, 2021). Beispiele sind: das Lernen in Qualitätszirkeln, in der Lernwerkstatt und in Lernfabriken/Lernlaboren (oft in digitalen Arbeitsumgebungen eingerichtet).

- Beim *arbeitsorientierten Lernen* (work-oriented learning) gibt es keine direkte Verbindung zwischen dem Ort des Lernens und dem Ort der Arbeit. An institutionalisierten Lernorten hingegen sind fachlich-inhaltlich orientierte Bezüge zur Arbeit in den Lehrplan aufgenommen (T. Schröder & Dehnbostel, 2021). Beispiele sind: besondere Einrichtungen im Ausbildungsbetrieb, Lernbüros und Produktionsschulen, besondere Einrichtungen des Bildungssystems, die ganzheitlich an Arbeitsinhalten orientiert sind oder in realitätsnahen Modellen an verschiedenen Standorten die Arbeit simulieren.

Die begrifflichen Unterscheidungen hinsichtlich der Beziehungen zwischen dem Lernort und dem Arbeitsort, der Lern- und Arbeitshandlungen, der Lern- und Arbeitsprozesse sowie der Lern- und Arbeitsorganisation hat sich in bisherigen Analysen, die im Rahmen des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) durchgeführt wurden, als äußerst praktikabel erwiesen. In der betrieblichen Praxis kann allerdings ein weitaus größeres Spektrum arbeitsbezogener Lernformen auftreten und mit fortschreitender Digitalisierung zeichnet sich die Tendenz in der Praxis ab, dass sich die Lernformen weiter pluralisieren könnten (T. Schröder & Dehnbostel, 2021).

Diese arbeitsbezogenen Lernformen zählen zu den ältesten Formen des beruflichen Lernens. Bereits früh in der Geschichte der Arbeit kamen vorwiegend durch Zuschauen und Nachahmung sowie Mitmachen und Ausprobieren Lernhandlungen zustande. Auch zu Beginn der Industrialisierung spielte diese Lernform in der Industrie noch längere Zeit eine wesentliche Rolle beim Qualifikationserwerb und auch Industriebeschäftigte fast haben sich erforderliches Wissen für die jeweilige Aufgabe in Arbeitsprozessen angeeignet oder das Wissen durch einen Wechsel der Arbeitsplätze erweitert. Diese traditionelle Lernform geriet in den Hintergrund, weil eine fortschreitende Automatisierung der Arbeitsprozesse und eine tayloristische Arbeitsteilung dazu geführt haben, dass monotone und repetitive Arbeitstätigkeiten in der Produktion entstanden sind und industrielle Arbeitsplätze nicht mehr als angemessener Lernort angesehen wurden (Stratmann 1993; Greinert 1994 zit. nach Böhle 2021). Die Relevanz von arbeitsbezogenem sank, weil der Erwerb eines systematischen Wissens in Bildungssystemen wichtiger erschien als das praxisnahe Lernen am Arbeitsplatz (Drexel und Nuber 1979 zit. nach Böhle 2021: 14ff.).

Nach einer längeren Pause rücken nun im Kontext von Industrie 4.0 arbeitsbezogene Lernformen (wieder) vermehrt in den Mittelpunkt. Berufspädagogische Studien verdeutlichen, dass mit der Einführung neuer Technologien für Beschäftigte im täglichen Umgang neue Lernanlässe direkt im Arbeitsprozess entstehen und sich darüber hinaus neue Organisationsformen des arbeitsintegrierten Lernens herausbilden wie beispielsweise Lernfabriken, Lerninseln im Betrieb oder Lernen am Arbeitsplatz (Dehnbostel, 2008, 2018, 2019). Besonders relevant ist das arbeitsbezogene Lernen nicht nur für die betriebliche Bildungsarbeit (Dehnbostel 2019: 7 ff.), sondern auch für die Arbeitssoziologie aufgrund der engen Verbindung von Arbeit und Lernen. Arbeitsbezogene Lernformen sind außerdem aufgrund ihrer Beschaffenheit auf die Gestaltung der Arbeit angewiesen. Qualitative Fallstudien aus der

Automobilindustrie belegen, dass die Ansprüche an die Facharbeit nicht unbedingt auch mit höherer Kompetenz gleichzusetzen sind und die Kompetenzentwicklung oft eng an die Arbeit gebunden ist, aber eine lernbezogene Gestaltung gleichzeitig noch „zurückhaltend“ organisiert ist (Baethge-Kinsky & Tullius, 2007). Es deutet sich aber an, dass Beschäftigte, die in Segmenten der industriellen Einfacharbeit tätig sind, und Beschäftigte, die in Segmenten der industriellen Facharbeit tätig sind, oft nicht vergleichbare Chancen in der Wissensaneignung am Arbeitsplatz haben (Ahrens & Spöttl, 2015; Dobischat et al., 2019; Windelband, 2014; Windelband & Spöttl, 2012).

Einige Fragen sind aus soziologischer Sicht im Hinblick auf arbeitsbezogene Lernformen im Kontext von Industrie 4.0 empirisch noch unzureichend erforscht. Auch Diskussionen zur Bildungsungleichheit behandeln arbeitsbezogene Lernformen eher als randständiges Phänomen und legen den Fokus oft auf quantifizierbare institutionelle Bedingungen formeller Weiterbildung oder auf Begründungen für die ungleiche Teilnahme an formeller Weiterbildung. In Bezug zu den skizzierten Szenarien und dem skizzierten Forschungsgegenstand der Arbeitssoziologie sind nur unscharf einige Bezugspunkte zu soziologischen Thesen wie der *Subjektivierungsthese* und *Polarisierungsthese* erkennbar.

2.2 Theoretische Ansatzpunkte für die Studie zum arbeitsbezogenen Lernhandeln

Die vorliegende Studie greift das Phänomen Industrie 4.0 auf und verortet sich damit in der arbeitssoziologischen Forschungsdiskussion über die sozialen Folgen des technischen Wandels mit dem Gegenstand des arbeitsbezogenen Lernhandelns. Ein zentrales Forschungsdesiderat besteht in der Frage, wie sich der aktuelle technische Wandel auf die Qualifikationsanforderungen von Industriebeschäftigten auswirkt. Bisher wird erwartet, dass mit einer zunehmenden Durchdringung digitaler Technologien in der Arbeit steigende Qualifikationsanforderungen verbunden sind. Der aktuelle Forschungsstand hat gezeigt, dass im Kontext von Industrie 4.0 ein starkes Ungleichgewicht zwischen technikoptimistischen Versprechungen und empirischen Befunden auszumachen ist (Butollo 2021). Abgesehen von den Versprechungen und den Prognosen aus der öffentlich geführten Debatte zu Industrie 4.0 sind empirische Befunde zum Umsetzungsstand von Industrie 4.0-Ansätzen aber noch selten. Dadurch entsteht der Eindruck, dass es sich bei dem Phänomen Industrie 4.0 um „mehr Diskurs als empirische Realität“ handelt (Pfeiffer & Suphan 2018b). Die skizzierten Szenarien sind außerdem überwiegend aus der Vergangenheit in die Zukunft extrapoliert und vernachlässigen damit alternative Entwicklungsmöglichkeiten. Die konkreten Auswirkungen neu eingeführter Technologien auf die Qualifikationsanforderungen sind zwar Gegenstand vieler Diskussionen, aber die Befundlage lässt diese Fragen noch weitestgehend offen. Das Forschungsziel dieser vorliegenden Studie besteht daher darin, empirisch zur Klärung der vorgestellten Fragen zu sozialen Folgen im technischen Wandel beizutragen. Mit einem qualitativen Forschungsdesign soll mit Blick auf die Szenarien die Industriearbeit im Hinblick darauf untersucht werden, welche Tendenzen mit dem technischen Wandel auf der betrieblichen Ebene zu erkennen sind.

Mit der Umsetzung von Industrie 4.0 sind vielschichtige soziale Herausforderungen verbunden, die selbst erfahrene Unternehmen vor neue Herausforderungen stellen. Seit Jahrzehnten führen sie zwar

immer wieder neue Technologien ein, aber mit der Diskussion über Industrie 4.0 deuten sich auch in den Betrieben neue Handlungspraktiken an. Die bisherige empirische Studienlage zur Umsetzung von Industrie 4.0-Konzepten zeigt, dass die Einführungsdynamiken neuer Technologien in der Produktions-, Logistik- und Servicearbeit noch unzureichend erforscht sind. Die bisherigen Befunde zur konkreten Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen legen den Schluss nahe, dass Industriebetriebe mehrere Einzelanwendungen einführen. Nicht deutlich erkennbar ist, welche Einzelanwendungen die Betriebe im Kontext von Industrie 4.0 einführen und wie sich diese in die jeweilige betriebliche Gesamtstrategie zur Vernetzung der Produktion integrieren. Ein Teilziel der Arbeit besteht daher darin, konkrete Umsetzungsfälle von Industrie 4.0 zu untersuchen und in ausgewählten Industriebetrieben empirische Befunde zur betrieblichen Einführung unterschiedlicher digitaler Technologien zu erheben.

Entsprechend den bisherigen Befunden zu betrieblichen Umsetzungsstrategien zeichnet sich ab, dass die Industriebetriebe neue Technologien nach ähnlichen Vorgehensweisen wie in der Vergangenheit einführen (HK). Weiterhin sind in den Betrieben ungleichzeitige Entwicklungsdynamiken und unterschiedlich ausdifferenzierte Einzelanwendungen als „heterogene Technologiebündel“ zu erwarten, die nach strukturkonservativen Einführungsprämissen eingeführt wurden (These der Pfadabhängigkeit). Die Einführungsdynamiken mehrerer Einzelanwendungen in einem Betrieb könnten unter Umständen erst zu einem späteren Zeitpunkt als Gesamtstrategie der Vernetzung empirisch erkennbar sein. Daraus folgt, dass einmalige Momentaufnahmen nicht den Gesamtzusammenhang erkennen lassen und eine prozessorientierte Begleitstudie erforderlich ist.

Für die empirische Untersuchung ergibt sich die Frage, wie sich die Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen in großen Industriebetrieben auf die Qualifikationsanforderungen bei verschiedenen Beschäftigtengruppen auswirkt. Folgende Frage wird abgeleitet: Welche Bedingungen tragen zum *Upskilling* und zum *Deskilling* von Beschäftigten bei?

Die bestehenden Befunde zur Qualifizierungsfrage deuten darauf hin, dass es bei zunehmender Vernetzung ein Ungleichgewicht der Qualifikationsanforderungen zwischen ausführenden und planenden Kompetenzträgern geben könnte. Im Kontext von Industrie 4.0 und der Einführung neuer Technologien wird einerseits mit einem Anstieg der Qualifikationsanforderungen und der subjektivierten Anteile von Arbeit gerechnet, was zur Ausdehnung der Handlungsspielräume für alle Beschäftigtengruppen führen könnte (*Upskilling*). Andere Aspekte deuten darauf hin, dass die Qualifikationsanforderungen und die Handlungsspielräume für bestimmte Beschäftigtengruppen abnehmen und neue Technologien das Erfahrungswissen der Beschäftigten objektivieren und damit entwerten könnten (*Deskilling*). Verschiedene Qualifikationsansätze (wie Re-Qualifizierung) spielen in dem Zusammenhang eine größere Rolle, sie werden im Zuge der vorliegenden Studie untersucht.

Zusammenfassend lässt sich für das empirische Vorgehen festhalten, dass unterschiedlichste technische Anwendungsfälle im Kontext von Industrie 4.0 zu erwarten sind und die Einführungsdynamiken in den Betrieben variieren. In Studien zeichnet sich ab, dass die neuen Technologien unterschiedliche Reichweiten haben und auch unterschiedliche Ausreifungsgrade aufweisen. Die Auswirkungen auf die

Arbeit unmittelbar aus der Technik abzuleiten, ist in der Arbeitssoziologie durch die Abkehr vom Technikdeterminismus umstritten (Hirsch-Kreinsen 2014; Huchler 2015; Kuhlmann 2017; Kuhlmann, Splett, und Wiegrefe 2018).

Wie der Forschungsstand zeigt, führen Industriebetriebe unterschiedliche Technologien im Kontext von Industrie 4.0 ein. Noch nicht eindeutig erkennbar ist bisher aber, welches Technologieverständnis sich im Kontext von Industrie 4.0 in deutschen Industriebetrieben durchsetzt und inwieweit daraus neue Qualifikationsanforderungen bei verschiedenen Beschäftigtengruppen entstehen. In jedem Fall stellt die Einführung neuer Technologien einen Lernanlass dar, aber undeutlich erkennbar ist, auf welche Art und Weise sich Industriebeschäftigte neues Wissen aneignen und welche Formen des arbeitsbezogenen Lernens sich damit in Industriebetrieben durchsetzen. Bisherige Hinweise, dass nicht alle Beschäftigten mit der Einführung neuer Technologien die gleichen Chancen zur Qualifizierung erhalten, führen zur Frage, unter welchen Bedingungen Industriebeschäftigte bereit sind, sich mit dem technischen Wandel auseinanderzusetzen und ob dies zu einem durchgängigen Upskilling führt. Wenig erforscht ist im Kontext von Industrie 4.0. u. a. die Sicht von Industriebeschäftigten zu Bedingungen, die Lernhemmnisse begünstigen. Aus dem skizzierten Forschungsstand leiten sich drei Fragenkomplexe ab, die im Rahmen der empirischen Studie beantwortet werden sollen:

- (a) Fragen zum Umsetzungsstand von Industrie 4.0-Ansätzen in Industriebetrieben
- (b) Fragen zu betrieblichen Ansätzen zur Qualifizierung in Industriebetrieben
- (c) Fragen zur subjektiv wahrgenommenen Chancenverteilung bei verschiedenen Beschäftigtengruppen in Industriebetrieben

Die vorliegende Studie greift das umrissene Forschungsdesiderat auf und schließt mit der Entwicklung einer soziologischen Perspektive auf arbeitsbezogene Lernformen bei Industriebeschäftigten eine wichtige Forschungslücke im Kontext von Industrie 4.0. Die vorliegende Studie hat darüber hinaus eine gesellschaftliche Dimension. Wenn weiterhin unklar bleibt, unter welchen Bedingungen Arbeitskräfte im Kontext von Industrie 4.0 lernen und welche Bedingungen ein arbeitsbezogenes Lernen verhindern, bleibt der politische Anspruch auf Teilhabe am digitalen Wandel schwer einlösbar, was gravierende gesellschaftliche Folgen haben kann. Ziel ist es deshalb, mit empirischen Befunden die Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen aus Sicht von Beschäftigten tiefergehend zu verstehen, um damit zur Arbeitsgestaltung beizutragen.

Ausgangspunkt für die theoretische Konzeption der empirischen Studie ist das Forschungsziel, arbeitsbezogene Lernformen im Kontext von Industrie 4.0 zu analysieren. Diese Lernformen sind in unterschiedlicher Weise mit Aspekten der Arbeit verschränkt. Aus diesem Grund besteht die theoretische Fundierung aus einer Kombination aus den Konzepten des Arbeitshandelns (Böhle et al., 2011) und des Lernhandelns (Holzkamp, 1993). Beide Konzepte ermöglichen eine subjektzentrierte und eine handlungstheoretische Perspektive auf arbeitsbezogene Lernformen. Da bekannt ist, dass arbeitsbezogene Lernhandlungen im Kontext von Industrie 4.0 oft an der Arbeitsaufgabe oder an den Gegebenheiten am Arbeitsplatz orientiert sind oder in der Nähe des Arbeitsortes ausgeführt werden, wird der

soziotechnische Ansatz als Handlungskontext für die Lernhandlungen konzeptualisiert. Dies ermöglicht, die Arbeits- und Lernbedingungen zu analysieren. Die folgende Abbildung 3 zeigt die konzeptionelle Vorgehensweise in der vorliegenden Arbeit.

Arbeitsbezogenes Lernhandeln im Kontext von Industrie 4.0 <i>Analyse der verschiedenen arbeitsbezogenen Lernformen aus Sicht von Industriebeschäftigten</i> <i>Verhältnis zwischen Lernen und Arbeit als:</i>					
<p>(a) arbeitsintegriertes Lernhandeln (work-integrated learning)</p> <p>(b) arbeits(platz)nahes Lernhandeln (work-connected learning)</p> <p>(c) arbeitsorientiertes Lernhandeln (work-oriented learning)</p>					
Ebene	Arbeitshandeln		Lernhandeln		
Subjekt- und Handlung	<i>Analyse der subjektiven Sicht von Beschäftigten zur Handlungsautonomie beim arbeitsbezogenen Lernhandeln während der Einführung neuer Technologien</i>				
	<i>Analyse der subjektivierten Lernbereitschaft während der Einführung neuer Technologien in bestimmten organisationalen Kontexten</i>				
	Subjektivierende Arbeitshandlung	Objektivierende Arbeitshandlung	Expansive Lernhandlung	Defensive Lernhandlung	Widerständige Lernhandlung
Ebene	Soziotechnische Handlungskontexte im Arbeitssystem				
Betrieb	<i>Analyse der Spannungsfelder zwischen subjektiven Ansprüchen der Beschäftigten an die Einführung neuer Technologien und organisational intendierten Funktionen von Technologien</i>				
	<i>Analyse der wechselseitigen Einflüsse zwischen Lernbereitschaft und Lernbedingungen</i>				
	MTO-Ansatz				
	<i>Analyse ungleicher Chancenverteilung</i>				
Ebene	Humanisierung der Arbeit und das Konzept <i>Gute Arbeit</i>				
Gestaltung	<i>Analyse der lernförderlichen Arbeitsgestaltung und Lernhindernisse</i>				
	Kriterien der Lernförderlichkeit				

Abbildung 3: Konzeptionelles Vorgehen in der vorliegenden Studie

Wie die Abbildung 3 zeigt, bilden die drei arbeitsbezogenen Lernformen den konzeptionellen Ausgangspunkt, die im Kontext von Industrie 4.0 auf mehreren Ebenen untersucht werden sollen. Auf der ersten Ebene geht es – angelehnt an die skizzierte Subjektivierungsthese – um die Analyse subjektivierender Arbeitshandlungen und – angelehnt an die skizzierte Objektivierungsthese – die Analyse objektivierender Arbeitshandlungen. Für die differenzierte Beschreibung des arbeitsbezogenen Lernhandelns wird auf das Modell des subjektivierenden Arbeitshandelns (Böhle et al., 2011) zurückgegriffen. Auf dieser Ebene geht es auch um die Analyse der subjektivierten Lernbereitschaft mit Begriffen von Holzkamp. Die subjektzentrierten Sichtweisen bilden die Grundlage für die weiterführende Analyse auf der nächsten Ebene. Auf der zweiten Ebene geht es um die Analyse der subjektiven Einstellungen auf arbeitsbezogene Lernhandlungen im Kontext von Industrie 4.0 im Zusammenhang mit Kriterien zur lernförderlichen Arbeitsgestaltung in soziotechnischen Handlungskontexten, weil diese Lernprozesse in betriebliche Bedingungen eingebettet und von betrieblichen Mechanismen abhängig sind. Die Analyse verbindet daher die subjektiven Sichtweisen der Beschäftigten mit technischen und organisationalen Lernbedingungen im Arbeitskontext. Der Arbeitskontext ist mit dem soziotechnischen Ansatz und bestehenden Kriterien zur lernförderlichen Arbeitsgestaltung konzeptualisiert. Dies ermöglicht eine Analyse ungleicher Chancenverteilungen und das Auffinden von Spannungsfeldern bei arbeitsbezogenen Lernhandlungen, die sich auf die Lernbereitschaft auswirken. Die theoretischen Bezugspunkte werden im Folgenden erläutert.

2.2.1 Arbeitshandeln als Bezugspunkt zum arbeitsbezogenen Lernhandeln

Der theoretische Bezugspunkt zum arbeitsbezogenen Lernhandeln bildet das subjektwissenschaftliche Konzept des Arbeitshandelns. In dem Konzept unterscheidet Böhle (2011, 21) zwei Arten des Arbeitshandelns: die subjektivierende und die objektivierende Seite der Arbeitshandlungen. Die folgende Abbildung 4 veranschaulicht diese beiden Seiten.

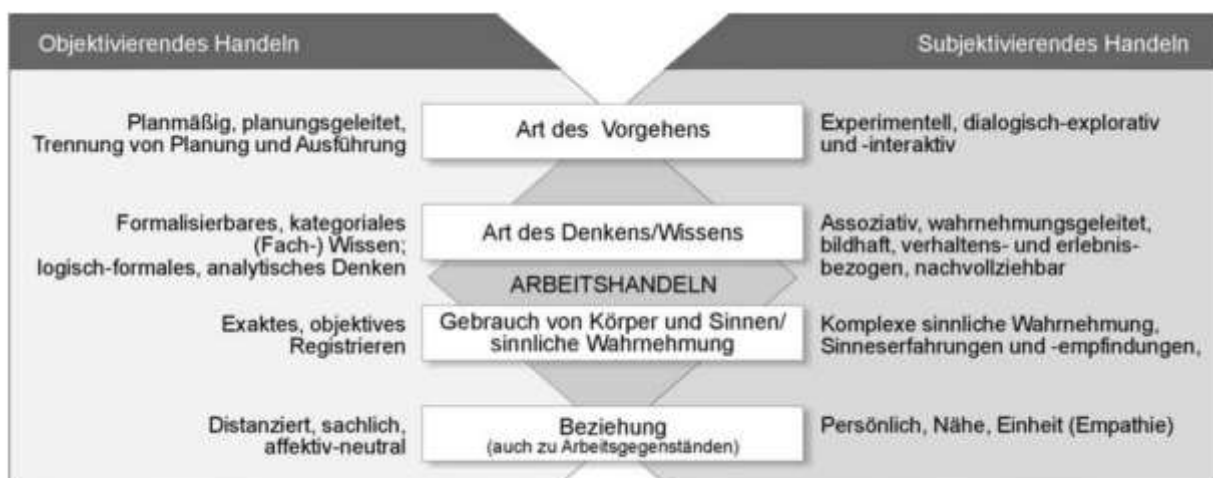


Abbildung 4: Konzept des Arbeitshandelns, Böhle et al. 2011

Wie die Abbildung 4 zeigt, wird auf der linken Seite des Modells das objektivierende Arbeitshandeln charakterisiert, das als formalisiertes und planmäßig-rationales Vorgehen und Denken gilt und meist auf Kennzahlensystemen basiert. Zwischen dem Arbeitssubjekt und der objektivierten Arbeitsumgebung besteht ein distanzierendes Verhältnis. Auf der rechten Seite des Modells steht das subjektivierende Arbeitshandeln, das auf einem explorativen Vorgehen im Arbeitsprozess beruht. Intuition, Assoziation und Sinneswahrnehmung sind Bestandteile der subjektivierten Arbeitshandlungen, wie auch das Erfahren, Erleben und Empfinden visueller, akustischer und taktiler Wahrnehmungen zur erfahrungsgeleiteten Steuerung von Handlungsabläufen während der Arbeit. Anders als beim logisch-analytischen Denken basiert das erfahrungsgeleitete Arbeiten auf bildhaft-assoziativem Denken (Böhle 2021: 25). Das subjektivierende Arbeitshandeln bezieht also Handlungskompetenzen ein, die nicht nur den intendierten Logiken der Arbeitssituationen entsprechen. Das Arbeitssubjekt und die Arbeitsumgebung sind weniger voneinander getrennt. Auf der körperlichen Ebene spürt, ertastet und verinnerlicht die Arbeitskraft bestimmte Arbeitsabläufe im Prozess der beruflichen Sozialisation. Dadurch haben erfahrene Beschäftigte den Vorteil, auf Unwägbarkeiten im Arbeitsprozess besser reagieren zu können (Adami et al., 2008; Bauer et al., 1999; Bauer & Munz, 2004). Im Konzept des Arbeitshandelns unterscheiden sich zwar die beiden Seiten des Arbeitshandelns, aber stehen gleichwertig nebeneinander; systematisches Fachwissen und Erfahrungswissen ergänzen sich beim Arbeitshandeln oft wechselseitig. Während das Fachwissen in Bildungsinstitutionen oft zu Beginn der beruflichen Sozialisation erworben wird, entsteht das Erfahrungswissen durch die Handlungen im Arbeitsprozess (Böhle et al., 2011, S. 21ff.). Eng mit dem Konzept des Arbeitshandelns ist der Begriff des Erfahrungswissens verbunden, der bereits im Forschungsstand definiert wurde. Arbeitssoziologische Forschung zeigt, dass der „Erwerb und die Anwendung von implizitem Erfahrungswissen auf eine[m] besonderen Umgang mit Arbeitsmitteln und Arbeitsanforderungen beruht“ (Böhle 2021, S. 25, 50). Außerdem ist das Konzept des Arbeitshandelns mit dem Konzept des Arbeitsvermögens verknüpft (Pfeiffer, 2004). Auf diese Weise wird ein Zusammenhang zwischen der Handlungsebene und der Anforderungsebene sichtbar. Je stärker sich Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstände und die umgebende Arbeitsorganisation verändern, desto mehr ist ein Arbeitsvermögen gebraucht. Arbeitskräfte entwickeln dies in der Auseinandersetzung mit einer komplexen Arbeitsumgebung (Pfeiffer 2004; Pfeiffer, Schütt, Ritter 2014). Der Erwerb und die Weiterentwicklung von Erfahrungswissen ist besonders auf die Gestaltung struktureller Rahmenbedingungen angewiesen (Bauer und Munz 2004; Böhle 2021, S. 24ff.).

Auch wenn die beiden Seiten der Arbeitshandlungen zwei künstliche Extrempunkte darstellen, die sich in der Praxis oft wechselseitig ergänzen, ermöglicht dies einen empirischen Zugang der arbeitsbezogenen Lernhandlungen bei verschiedenen Beschäftigten während der Einführung neuer Technologien. Das Konzept des Arbeitshandelns bildet daher die theoretische Grundlage für die Analyse arbeitsbezogener Lernhandlungen im Kontext von Industrie 4.0. Auf diese Weise ist es möglich, Arbeitskräfte als eigenständig handelnde Subjekte im Arbeitsprozess zu analysieren und nach subjekt- und handlungstheoretischen Gesichtspunkten verschiedene Sichtweisen der Beschäftigten zur Rolle der neu eingeführten Technologien in die Analysen einzubeziehen. Auf diese Weise ist es auch möglich, die Einführung neuer Technologien im Arbeitsprozess in Bezug zum arbeitsbezogenen Lernhandeln zu

analysieren. Das Konzept ist in der Arbeitssoziologie bereits erprobt. Zum Beispiel greifen Autoren wie Egbringhoff und Kollegen das Konzept in Bezug auf die Aus- und Weiterbildung auf, um bildungspraktische Konsequenzen aus einer subjektorientierten Perspektive aufzuzeigen und die Gestaltung von Arbeit zu diskutieren (Egbringhoff et al., 2003). Auch Walker greift in ihrer arbeitssoziologischen Fallstudie auf das Konzept zum Arbeitshandeln zurück, um damit subjektive Aneignungspraktiken im Zusammenhang mit der Einführung neuer digitaler Systeme im Handel und der damit verbundenen Veränderung von Arbeitsinhalten zu analysieren. Um über die humane Gestaltung von Arbeit mit Digitalisierung zu diskutieren, bezieht sich ihre Studie dabei auf die subjektive Sicht von Beschäftigten und auf deren Handlungsautonomie im Arbeitsprozess. Sie stößt auf Widersprüche zwischen subjektiven Ansprüchen der Beschäftigten an die Einführung der digitalen Technologie und den organisational intendierten Funktionen der Technologie (Walker, 2017). Auch für die subjektzentrierte Analyse der Digitalisierung im Arbeitskontext und die generelle Akzeptanz der Technologieanwendungen findet das Konzept des Arbeitshandelns Anwendung (Pfeiffer, 2016; Seyrkammer, 2015). Wie im Forschungsstand gezeigt wurde, finden sich Belege, dass systematisches Fachwissen als explizites Wissen leichter objektivierbar ist und im Gegensatz dazu die Objektivierung von Erfahrungswissen an Grenzen kommt, also kaum vom Träger losgelöst gesehen werden kann (Böhle & Milkau, 1988; Böhle & Bolte, 2002, S. 147ff.; Bolte et al. 2008; Porschen 2008; Pfeiffer 2010; Böhle et al., 2017; Huchler 2015, 2016).

Wie eingangs skizziert, besteht eine Erwartung darin, dass im Kontext von Industrie 4.0 die Anforderungen an die Beschäftigten zunehmen und die Komplexität im Arbeitsprozess ansteigt. Aus Sicht subjektzentrierter Forschung steigt damit die Relevanz des subjektivierenden Arbeitshandelns; insbesondere, wenn Beschäftigte in unbekanntem Situationen schnell reagieren müssen, sind Handlungen „nach Plan“ und „nach Gespür“ vordergründig (Böhle et al., 2017; Pfeiffer & Suphan, 2018).²⁵ Auch im Kontext von Industrie 4.0 wird weiterhin erwartet, dass Erfahrungswissen nur begrenzt objektivierbar ist und nicht durch systematisches Wissen ersetzt werden kann (Böhle, 2021, S. 26). Allerdings deuten sich Widersprüche an. Einige Fallstudien zu neuen Technologien belegen, dass sich mit der Einführung neuer Technologien die Arbeitsumgebungen verändern und Arbeitshandlungen in digitalen Systemen abgebildet sind und verhindern, dass Beschäftigte ihr Arbeitsvermögen in arbeitsbezogenen Lernprozessen entwickeln, weil alle Handlungsschritte vorstrukturiert sind und die Beschäftigten nur vorgegebene oder vorgeplante Schritte ausführen sollen (Bolte & Sauer, 2021). Subjektivierende Anteile der Arbeit könnten sich somit in den Hintergrund verschieben.

Die empirische Erhebung zum arbeitsbezogenen Lernhandeln ist auf die subjektive Sicht der Arbeitskräfte angewiesen. Nur sie können Auskunft geben, wie sie in bestimmten Situationen vorgehen und wie sie durch Arbeitshandlungen lernen. In der empirischen Erhebung geht es deshalb darum, die Beschäftigten über arbeitsbezogene Lernvorgänge berichten zu lassen, wie sie über ihr systematisches

²⁵ Anmerkung: Subjektivierende Arbeitshandlungen waren auch ein wichtiger Bestandteil bei der Einführung von CNC-Maschinen (Böhle & Milkau 1988) oder bei der Steuerung komplexer Produktionsanlagen (Bauer u. a. 2006)

Wissen hinaus (das institutionell erworben wurde) Ansätze und Problemlösungen im Umgang mit neuen Technologien gefunden haben.

2.2.2 Lernhandeln als Bezugspunkt zur arbeitsbezogenen Lernbereitschaft

Ein zentraler Teil des arbeitsbezogenen Lernhandelns ist die Lernbereitschaft, die jedoch im Konzept des Arbeitshandelns nicht abgebildet ist, weil der Bezugspunkt nicht lerntheoretisch konzipiert ist, sondern sich am Wissensbegriff orientiert. Der Zugang zur arbeitsbezogenen Lernbereitschaft erfolgt in der vorliegenden Studie über einen lerntheoretischen Ansatz. Beim Lernen handelt es sich um ein komplexes menschliches Phänomen, das in sehr unterschiedlicher Weise erforscht wird. Das theoretische Verständnis vom Begriff Lernen ist sehr vielfältig und eine Auseinandersetzung mit dem Begriff ist nicht trivial. In Bezug auf die Lernbereitschaft konkurrieren psychologische Paradigmen wie etwa der Kognitivismus, Behaviorismus oder Konstruktivismus miteinander. Lerntheoretische Ansätze, die vor allem Lernerfahrungen von Lernenden in den Mittelpunkt stellen, bilden oft (noch) eine Ausnahme (Faulstich, 2013).

Einen subjektwissenschaftlichen Zugang zur Lernbereitschaft bietet Klaus Holzkamp mit seinem Buch „Lernen“ (1993). Darin ist das menschliche Lernen als eine aktive Handlung auf der Subjektebene konzipiert. In seiner Theoriekonzeption entscheiden die Subjekte eigenständig, was sie aufgreifen oder welche neuen Ideen sie zulassen (Holzkamp 1993: 27, 190). Auf diese Weise räumt er den Subjekten große Entscheidungsspielräume ein. Holzkamp wendet sich als Vertreter der Kritischen Psychologie entgegen der Mainstreampsychologie den menschlichen Lernprozessen auf eine neue Art zu und definiert Lernen als eine subjektive Aneignungs- und eine Anpassungsleistung. Nach Holzkamp beginnt das Lernen mit der Erfahrung einer Diskrepanz zwischen gewünschten Handlungen und bisherigem Können. Mit dem Begriff der Lernschleife definiert Holzkamp den Zeitraum, den Lernende benötigen, um eine neue Normalität im Handlungsablauf oder durch eine Problemlösung zu erhalten (Holzkamp 1993: 211).

„Ich bin der Auffassung, daß intentionales, d.h. absichtliches und geplantes Handeln nur dann zustande kommt, wenn das Lernsubjekt selbst entsprechende Gründe dafür hat (...) Zum Lernen kommt es immer dann, wenn das Subjekt in seinem normalen Handlungsvollzug auf Hindernisse und Widerstände gestoßen ist.“ (Holzkamp 2004: 29)

Die empirischen Anknüpfungspunkte bei Holzkamp liegen im Schulsystem und der Lehr-Lernbeziehung. In seiner Studie zeigt er, wie in schulischen Umgebungen Personen das Lernen entweder als fremdbestimmt oder als selbstbestimmt erleben. Fremdbestimmtes Lernen erleben Subjekte als Zumutung und es entstehen Lernwiderstände mit negativen Assoziationen zum Lernen oder zur Lernumgebung. Zum Beispiel geben Personen noch vor Abschluss ihrer schulischen Laufbahn auf oder brechen ihre Ausbildung oder ihr Studium ab. Die Lernenden nehmen die Lehr-Lern-Beziehung als fremdbestimmt wahr, was die Lernbereitschaft negativ beeinflusst. Holzkamp versteht unter Lernbereitschaft alle Gründe und subjektiven Begründungen, die von lernenden Personen artikuliert

werden. Aus seiner Sicht zeigen die spezifischen Lernbegründungen das Interesse und die Anstrengungen der handelnden Person (Holzkamp 1993: 190).

Begrifflich unterteilt Holzkamp subjektive Lernhandlungen in eine erweiterte Handlungsfähigkeit (expansives Lernen). Der Begriff der expansiven Lernhandlungen ist ein grundlegender Begriff bei Holzkamp, der eine Dimension der Lernbereitschaft bei Subjekten beschreibt. Aus der Bereitschaft heraus ein Handlungsproblem zu lösen, das zu einer Erweiterung der verfügbaren Lebensqualität führt, entsteht expansives Lernen (Holzkamp 1993: 190). Mit dem Begriff des expansiven Lernens beschreibt Holzkamp explizit selbstbestimmte Lernhandlungen von Subjekten. Diese sind aus seiner Sicht nur möglich, wenn Lernende die Sinnhaftigkeit des Lerngegenstandes für sich internalisieren können und die Erfahrung machen, dass sich Handlungsfähigkeiten und Handlungsspielräume expansiv ausdehnen. Expansives Lernen ist für Holzkamp nicht mit Begriffen wie intrinsischer Motivation (Heckhausen 1980) zu verwechseln. Solche Begriffe aus der Mainstreampsychologie lehnt Holzkamp explizit ab. Er befürchtet, dass die funktionalistische Sicht auf das Lernen den Fokus zu stark auf materielle Anreize lenkt und menschliche Bedürfnisse nach Sicherheit oder Anerkennung zu wenig Berücksichtigung finden (Holzkamp 1993: 187ff., 191 ff.). Der Begriff des expansiven Lernens ist überproportional in qualitativen pädagogischen Überlegungen zu finden (exemplarisch (Grell, 2006; Grell et al., 2009) und später in Bezug auf digitale Medien bei (Arnold et al., 2011).

Dem expansiven Lernen stellt Holzkamp empirisch jene Situationen gegenüber, die zeigen, was die Handlungsfähigkeit der Lernenden einschränkt, und die Lernbereitschaft gefährdet. Der Begriff der defensiven Lernhandlungen ist ein zweiter grundlegender Begriff bei Holzkamp, der sich auf alternative Handlungsstrategien der lernenden Subjekte bezieht. Zum Beispiel entsteht ein defensives Lernen weniger aus der Motivation zum Lernen heraus, sondern ist die Bereitschaft, ein Handlungsproblem alternativ zu lösen. Alternative Handlungsstrategien können im schulischen Kontext etwa ein Schummeln sein oder ein Abschreiben. Defensives Lernen beinhaltet auch, dass Subjekte die Lerninhalte im Anschluss an Prüfungen o. ä. vergessen und kein wirklicher Lernprozess stattgefunden hat. Im Gegensatz zum expansiven Lernen ist dies eine subjektive Problemlösung, bei der das Subjekt eine Leistung im vorgegebenen Rahmen abliefern, aber sich kaum inhaltlich auseinandersetzt (Holzkamp 1993: 187). Defensives Lernen ist zum Beispiel auch, wenn Lernende ungestört einer Aufgabe nachgehen wollen und an Lernangeboten nur passiv teilnehmen und daraus für sich keinen sinnhaften Zusammenhang zum Lerngegenstand herstellen. Defensives Lernhandeln dient dazu, Sanktionen abzuwenden oder Lernerfolge vorzutäuschen, etwa um andere zufrieden zu stellen (Holzkamp 1993).

Unter dem Gesichtspunkt der Selbstbestimmung lassen sich mit dem lerntheoretischen Ansatz auch arbeitsbezogene Lernwiderstände erklären. Je fremdbestimmter das Lernen von Subjekten wahrgenommen wird, desto eher wird es als Zumutung erlebt und ruft Widerstände hervor. Für dieses Phänomen hat Holzkamp den Begriff des widerständigen Lernens geprägt. Er bezeichnet damit eine bewusste Entscheidung zum Nicht-Lernen-Wollen. Es müssen dafür nicht immer rationale Gründe vorliegen. Es können Assoziationen, Emotionen oder implizite Erfahrungen zugrunde liegen, die Lernwiderstände subjektiv als sinnvoll oder als legitim erscheinen lassen. Das kann zum Beispiel der Fall

sein, wenn sich die Handlungsräume nicht ausdehnen, sondern verengen (Holzkamp 1993: 27). In neueren Ausführungen der Kritischen Psychologie oder in der Pädagogik ist der Begriff nicht mehr oft zu finden. Das kann daran liegen, dass Lernwiderstände oft als Störfaktoren gelten und den gesellschaftlichen Imperativ des lebenslangen Lernens stören. Holzkamp hat jedoch mit seinen Begriffen gerade auf solche Lernprozesse verwiesen, die zur Widerständigkeit bei lernenden Subjekten führen können. Das greifen auch einige wenige Studien zur Erwachsenenbildung auf und weisen auf die Bedeutung der Lernumgebungen hin. Ausnahmen finden sich in Ausführungen von (Faulstich, 2013; Faulstich & Grell, 2005).

Für den empirischen Zugang zum arbeitsbezogenen Lernhandeln im Kontext von Industrie 4.0 trägt das lerntheoretische Konzept zur Erklärung der subjektiven Lernbereitschaft bei. Es ermöglicht vom Subjektstandpunkt aus, die Gründe für die Lernhandlungen oder die Deutungen anderer zu erfahren. Mit dem Konzept von Holzkamp ist es möglich, die subjektiven Gründe für die Bereitschaft zu arbeitsbezogenen Lernhandlungen zu erfahren und die Möglichkeiten des Ausweichens und der Gegenwehr über Begriffe wie defensives und widerständiges Lernen verstehend zu analysieren. Kategorisch kann die Lernbereitschaft unterschieden werden in ein „lernen wollen“, „lernen müssen“ oder „lernen sollen“. Es ist anzunehmen, dass einige Gründe für oder gegen arbeitsbezogene Lernhandlungen für die Subjekte schwer artikulierbar sind. Der Theorieansatz von Holzkamp berücksichtigt die eingeschränkte Kommunizierbarkeit der Lernbegründungen (Holzkamp 1993: 196). Für die Analyse in der vorliegenden Studie wird das Konzept vom schulischen Kontext in den betrieblichen Kontext übertragen, um Lernwiderstände im Kontext von Industrie 4.0 zu begründen, die bisher unzureichend erforscht sind.

2.2.3 Soziotechnischer Ansatz als Kontext für arbeitsbezogene Lernhandlungen

In der vorliegenden Studie werden arbeitsbezogene Lernhandlungen zwar vorwiegend subjektwissenschaftlich konzipiert, aber es wäre zu kurz gegriffen, diese ausschließlich als eine Sache des Subjektes zu betrachten. Vielmehr sind subjektive Lernhandlungen in technische, organisatorische und in soziale und gesellschaftliche Handlungskontexte eingebettet. Aus diesem Grund erfolgt die Analyse der arbeitsbezogenen Lernbedingungen im Kontext von Industrie 4.0 mit bestehenden Kriterien zur lernförderlichen Arbeit in soziotechnischen Handlungskontexten.

Lernförderliche Kriterien haben sich erstmals im Zuge der Diskussion über die Humanisierung von Arbeit (HdA) herausgebildet, um vor dem Hintergrund tayloristischer Arbeitsverhältnisse in der industriellen Produktion – insbesondere in der Massenfertigung – einer Dequalifizierung von Beschäftigten vorzubeugen und eine Entwertung bereits erworbener Qualifikationen in standardisierten Arbeitsprozessen abzuwenden (Böhle & Altmann 1972). Die Gestaltung einer lernförderlichen Arbeit folgte dem Ziel, den Beschäftigten zu ermöglichen, ihre Fähigkeiten im Arbeitsprozess zu entwickeln (Frieling et al. 2006). Die Gestaltung einer lernförderlichen Arbeit wurde konkretisiert und bezog sich auf die Arbeitsaufgaben, die Arbeitsorganisation und die Arbeitsumgebungen. Der zugrunde gelegte Lernbegriff war allerdings anfangs unpräzise und wurde von einem zweckrationalen Verständnis vom

Lernen abgelöst, welches – zugespitzt formuliert – dem Bildungsideal der 1990er Jahre mit dem Imperativ zum lebenslangen Lernen folgte. Später lag der Schwerpunkt auf der alleinigen Gestaltung der Rahmenbedingungen in Betrieben (Dehnbostel, 2018; Lipsmeier et al., 2000). Inzwischen hat sich jedoch die Auffassung durchgesetzt, dass die Gestaltung lernförderlicher Lernbedingungen vom Subjekt ausgehend gedacht werden sollte, indem Lernende mehr in den Fokus rücken (Buhmeyer du Munz 2021). Im Folgenden sind die gängigen Kriterien zur Gestaltung von Lernförderlichkeit in der Abbildung 5 zusammengefasst dargestellt.

Frieling et al. (2006)	Dehnbostel (2008, 2018)
Ganzheitlichkeit	Vollständigkeit von Arbeitsaufgaben
Selbstständigkeit	Gelegenheiten zum Entwickeln von Selbstständigkeit
Kommunikation/Kooperation	Kooperations- und Kommunikationsmöglichkeiten
Zeitdruck	Transparenz und Beeinflussbarkeit der Arbeitsinhalte
Variabilität	Anforderungsvielfalt der Arbeitsaufträge
Komplexität	Grad der Nutzung der erworbenen Kompetenzen
Partizipation, Feedback	Partizipation bei der Gestaltung der Lernumgebung

Abbildung 5: Kriterien zur Beurteilung von Lernförderlichkeit, Dehnbostel 2018

Wie die Abbildung 5 zeigt, werden in der Literatur mehrere Dimensionen mit verschiedenen Schlagworten diskutiert, die theoretisch und empirisch entwickelt wurden (Frieling Sonntag 1999). Dabei handelt es sich um betriebliche Voraussetzungen, die ein arbeitsbezogenes Lernen v. a. im Arbeitsprozess ermöglichen und vorwiegend handlungstheoretisch u. a. mit Hacker (1983, 1998) und Volpert (1983, 1987, 2003) konzipiert sind. Es gab empirische Hinweise auf die Hindernisse zum Lernen im Prozess der Arbeit, wie etwa Zeitdruck. Darüber hinaus gab es empirische Hinweise, dass betriebliche Rahmenbedingungen darüber entscheiden, ob ein Arbeitsplatz als lernförderlich eingestuft wird. Dazu gehörten Faktoren wie das Betriebsklima und Organisationsstrukturen, aber auch Technologieentwicklungen. Diese Faktoren wurden insbesondere vor dem Hintergrund subjektiver Sichtweisen der Beschäftigten untersucht, so dass sich herausstellte, ob die Bedingungen als „überfordernd oder unterfordernd erlebt werden“ (Frieling Sonntag 1999, 178). Diese empirisch entwickelten Kriterien der Lernförderlichkeit dienen der Analyse von Arbeitsplätzen in einzelnen Bereichen der Unternehmen und der vergleichenden Analyse zwischen den Arbeitsplätzen in einzelnen Bereichen der Unternehmen (Bigalk, 2006).

Die bisherigen Kriterien zur Gestaltung einer lernförderlichen Arbeit dienen in der vorliegenden Studie als Grundlage, die Bedingungen für arbeitsbezogene Lernhandlungen aus subjektzentrierter Sicht in Verbindung mit den Handlungskontexten zu analysieren. Weiterhin ist deshalb eine Konzeption des Handlungskontextes notwendig. Ein Ansatzpunkt für die Analyse arbeitsbezogener Lernbedingungen ist der soziotechnische Ansatz.

In der Forschung zum technischen Wandel gibt es neben technikzentrierten Ansätzen außerdem soziotechnische Ansätze, die in unterschiedlichen Disziplinen verortet sind. Nicht immer ist ein eindeutiges Begriffsverständnis oder ein geschlossenes Theorieverständnis erkennbar. In Anlehnung an Rice (1963) kann darunter „eine abgegrenzte Produktionseinheit verstanden werden, die aus interdependenten technologischen, organisatorischen und personellen Teilsystemen besteht“ (Hirsch-Kreinsen, 2018b, S. 12). Vordergründig sind soziotechnische Ansätze entweder in der systemorientierten Techniksoziologie oder in der managementorientierten Organisationssoziologie zu finden. Beide stützen sich auf die Sicht der eher anwendungsorientierten Arbeitswissenschaft. Einige arbeitssoziologische Studien beziehen sich ebenfalls auf den soziotechnischen Ansatz zur Abbildung der Veränderungen von Arbeit (Hirsch-Kreinsen, 2018b).

Soziotechnische Ansätze haben eine jahrzehntelange Tradition, mit vielen Anpassungen im Laufe der Jahre. Den Anfangspunkt bilden die Untersuchungen im britischen Steinkohlenbergbau der 1960er Jahre (Trist & Bamforth, 1951). Die ursprüngliche Auffassung war, dass es sich bei einem soziotechnischen Verständnis nicht einfach um ein technisches System handelt, dem sich Individuen anpassen müssen. Vielmehr wurde die funktionale Aufgabenteilung zwischen menschlichen und maschinellen Aufgabenträgern beschrieben mit der Erkenntnis, dass es sich um menschliche Denkprozesse handelt, die entsprechend gestaltbar sind (Emery & Trist, 1960; Trist & Bamforth, 1951). Damals trug das Konzept vor allem dazu bei, unter neuen technischen Bedingungen Ansätze zur menschengerechten Gestaltung der Arbeit zu entwickeln, die im Kontext der Human-Relations-Bewegung (HdA) aufkamen. Die Auffassung in technikzentrierten Ansätzen beziehen sich oft auf die Verhältnisse zwischen sozialen und technischen Ursache-Wirkungs-Beziehungen, die wechselseitige Dynamiken erzeugen (Trist, 1981). Aus diesem ursprünglichen Verständnis entwickelten sich neue Prinzipien zur Diagnose der Beschäftigtenbedürfnisse (Mumford, 2006). Zunehmend war der Ansatz weniger technikorientiert und dafür erhielt die Organisation für die Analyse der Arbeitssituation eine größere Bedeutung (Sydow 2011). Zuletzt hat sich der sogenannte M-T-O-Ansatz mit einem starken Bezug zum Arbeitsplatz und zur Aufgabe durchgesetzt, der sich an der Handlungsregulationstheorie von Volpert orientiert (Ulich, 2013). Die folgende Abbildung 6 veranschaulicht das beschriebene Verständnis soziotechnischer Ansätze als M-T-O Konzept.



Abbildung 6: M-T-O Modell zur soziotechnischen Analyse, Ulich 2013

Wie die Abbildung 6 zeigt, steht die Arbeitsaufgabe im Mittelpunkt und wird von den Faktoren „Mensch, Technik und Organisation“ (M-T-O) beeinflusst (Ulich 2013, S. 6). Einen Einfluss auf diese innerbetriebliche Beziehung haben äußere Gegebenheiten am Markt und weitere sogenannte Umweltfaktoren. Nachdem sich die weiterentwickelten Ansätze vorwiegend auf die partizipative Gestaltung von Technik auf der betrieblichen Ebene konzentrierten und im Anschluss eine Auseinandersetzung mit organisatorischen Konzepten wie Lean erfolgte, entsteht mit dem Aufkommen von Industrie 4.0 ein neuer Gestaltungsanlass, der eine Zusammenführung bekannter soziotechnischer Prinzipien vor dem Hintergrund aktueller arbeitsbezogener Entwicklungen vornimmt (Latniak et al., 2018). Problematisch ist hierbei lediglich eine organisationszentrierte Sicht, wenn „sich humane und technische Aspekte [...] an die Strukturen und Prozesse der Organisation anpassen sollen“ (Deuse et al., 2015, S. 102).

In der Literatur wird vorgeschlagen, den soziotechnischen Ansatz als Analysekonzept zu nutzen, um ein umfassenderes Verständnis für betriebliche Arbeitsstrukturen zu entwickeln. In methodischer Hinsicht wird hierbei eine Kombination aus Beobachtungen und Befragungen empfohlen, die sich „von der Suche nach dem einen richtigen Weg“ abkehrt (Ulich, 2013, S. 10) und „Unterschiede zwischen Individuen oder Leistungsschwankungen im Tagesverlauf systematisch berücksichtigt“ (Rothe, 2012, S. 4). Insbesondere kann aber die Interdependenz zwischen den Teilbereichen erschlossen werden, so dass umfangreiche Analysen technikinduzierter Veränderungen auf der betrieblichen Ebene möglich sind (Deuse et al., 2015).

Im Kontext von Industrie 4.0 geht es wieder um die Gestaltung von Arbeitsbedingungen entlang betrieblicher Zusammenhänge. Soziotechnische Ansätze werden dabei wieder aufgegriffen (Hirsch-Kreinsen, 2018b; Latniak et al., 2018). Das soziotechnische M-T-O-Modell ist aber nicht unumstritten und wird mitunter als „unterkomplex“ (Hirsch-Kreinsen, 2018b, S. 14) kritisiert. Zentrale Kritikpunkte beziehen sich auf die eindimensionale Kategorisierung der Technik als Automatisierungstechnik und die fehlende Integration techniksoziologischer Sichtweisen. Ein weiterer Kritikpunkt bezieht sich auf die Vernachlässigung betriebsübergreifender Vernetzungen und die Vernachlässigung sozio-ökonomischer Rahmenbedingungen auf globalen Märkten (Branchenstrukturen, Sektorenspezifika u. ä.) (Hirsch-Kreinsen, 2018b). Der tradierte „...Dreiklang von Technik, Arbeit und Organisation“ wird sogar als bedroht angesehen (Pfeiffer 2010, 249 zit. n. Hirsch-Kreinsen 2018a, 14). Auch technikzentrierte Übertreibungen sind auszumachen, wenn von einer „soziotechnischen Revolution“ die Rede ist (Rammert, 2016). Andererseits wurde der Ansatz für empirische arbeitssoziologische Beschreibungen innerbetrieblicher Funktionsbereiche und Kontextbedingungen von Arbeit aufgegriffen, um aus einer Gesamtperspektive die technologischen und die organisatorischen Entwicklungen der Arbeit vertieft zu analysieren (Wienzek & Virgillito, 2018). Es liegen an dieser Stelle noch zu wenig empirisch fundierte Erkenntnisse vor, die auf der betrieblichen Ebene die subjektiven Sichtweisen auf die technischen und organisatorischen Entwicklungen auf arbeitsbezogene Lernformen im Kontext von Industrie 4.0 untersuchen. Der soziotechnische Ansatz stellt in der vorliegenden Studie einen Ordnungsrahmen für die

empirische Untersuchung arbeitsbezogener Lernhandlungen entlang von sozialen, technischen und organisatorischen Handlungskontexten dar. Mit dem M-T-O Modell können dynamische und komplexe Prozesse bzw. wechselseitige Beziehungen zwischen Gestaltungsansätzen, aber auch mögliche Konfliktlinien in dynamischen Anpassungs- und Abstimmungsprozessen empirisch nachgezeichnet werden (Walker et al. 2008). Auch trägt das Konzept dazu bei, die arbeitssoziologische Sichtweise zu stärken, dass die Auswirkungen auf die Arbeit nicht ausschließlich auf Technik oder Arbeitsorganisation zurückzuführen sind, sondern vielmehr auf einem Verständnis wechselseitiger Mechanismen beruht. Gleichzeitig bietet der soziotechnische Ansatz einen konzeptionellen Anfangspunkt für das „soziotechnische Gestaltungsprojekt“ (Acatech & Forschungsunion, 2013, S. 40ff.; Hirsch-Kreinsen, 2014, 2018b; Hirsch-Kreinsen et al., 2018).

Die vorliegende Arbeit greift die skizzierte Forschungslücke auf und analysiert arbeitsbezogene Lernhandlungen aus subjektzentrierter Sicht im Kontext von Industrie 4.0. Aufgrund der engen Verbindung von Arbeit und Lernen im Kontext von Industrie 4.0 verortet sich die Studie in der Arbeitssoziologie und knüpft vor dem Hintergrund der skizzierten Chancen und Risiken des arbeitsbezogenen Lernens an die Erkenntnisse der Weiterbildungsforschung an. Aufgrund der These, dass sich politische und betriebliche Strukturen auf das Weiterbildungsverhalten von Individuen auswirken, sollen Industriebetriebe im Hinblick auf lernförderliche Strukturen untersucht werden. Wer sich auf welche Weise im Kontext von Industrie 4.0 weiterbildet und welche strukturellen Hindernisse aus Sicht der Beschäftigten bestehen, sind zentrale Fragen der Analyse, die wie folgt strukturiert sind:

(A) Fragen zur Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen in Industriebetrieben:

- Welche neuen Technologien werden im Kontext von Industrie 4.0-Ansätzen in Industriebetrieben eingeführt? (Dienen sie bspw. der Unterstützung im Arbeitsprozess oder der Steuerung ganzer Produktionsprozesse?)
- Welche wesentlichen Merkmale der Technologien sind erkennbar und wie nehmen die befragten Industriebeschäftigten die Funktionsweisen im Hinblick auf ihre Handlungsspielräume wahr (technisches Arbeitsmittel oder algorithmische Steuerung)?
- Auf welche Art und Weise führen die Industriebetriebe neue Technologien im Kontext von Industrie 4.0 ein?
- Welche neuen Qualifikationsanforderungen entstehen aus Sicht der Beschäftigten mit der Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0?

(B) Fragen zur Umsetzung von Qualifizierungsansätzen in Industriebetrieben:

- Wie schätzen Industriebeschäftigte im Kontext von Industrie 4.0 selbst ihre Chancen zum *Upskilling* und ihre Risiken zum *Deskilling* ein?
- Welche Bedeutung hat das arbeitsbezogene Lernen während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen aus Beschäftigtensicht?
- Welche Lernbedingungen fördern aus Sicht von Industriebeschäftigten die Lernbereitschaft?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der individuellen Lernbereitschaft und den wahrgenommenen Lernbedingungen?

3 METHODISCHER ANSATZ: ARBEITSBEZOGENES LERNEN IM KONTEXT VON INDUSTRIE 4.0

Wie eingangs deutlich wurde, besteht ein deutlicher Forschungsbedarf darin, die folgenden Fragen zum arbeitsbezogenen Lernen bei verschiedenen Industriebeschäftigten und den jeweiligen Lernbedingungen während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen in Industriebetrieben empirisch zu klären. Der methodische Zugang zu diesem Forschungsgegenstand erfolgte über ein qualitatives Forschungsdesign. Die Konzeption des Forschungsdesigns basiert auf theoretischen Überlegungen zur arbeits- und industriesoziologischen Fallstudienstrategie (Denzin & Lincoln, 2003; Pflüger et al., 2010a; Yin, 2014). Außerdem boten richtungsweisende Herangehensweisen in klassischen arbeitssoziologischen Studien zum Verhältnis von Technik und Arbeit einen Orientierungspunkt (Böhle & Milkau, 1988; Kern & Schumann, 1977; Popitz et al., 1957, 2018).

Dieses Kapitel stellt die Forschungsmethodik vor, die im Rahmen der Studie zur Anwendung kam. Das Kapitel beginnt mit der Beschreibung der grundlegenden methodischen Konzeption des Forschungsdesigns und des Forschungsplans. Das beinhaltet die Fragestellungen der Studie und die Darstellung des gesamten Forschungsprozesses sowie die Vorgehensweise beim Feldzugang und die Beschreibung der Fallauswahl für die Studie. Im Anschluss daran erfolgt die Erörterung der eingesetzten Erhebungsinstrumente und deren Auswertungsverfahren in den einzelnen Studienabschnitten. Abschließend werden der Forschungsplan und das Vorgehen zusammenfassend reflektiert.

3.1 Methodische Konzeption der Studie

Ein Ausgangspunkt für die Studie sind die anhaltenden Debatten über den Einfluss der Digitalisierung auf die Arbeit in der Industrie. Im Kontext von Industrie 4.0 entstand die Frage, inwieweit sich die Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen auf die Qualifikationsanforderungen der Beschäftigten in ausgewählten Industriebetrieben auswirkt und wie das arbeitsbezogene Lernen aus Sicht von Beschäftigten zur Kompetenzentwicklung beiträgt.

3.1.1 Theoretischer Ansatz der Fallstudienstrategie

Aus arbeitssoziologischer Sicht ist die Rolle des arbeitsbezogenen Lernens im Kontext von Industrie 4.0 noch unzureichend erforscht. Die Studie nimmt nicht nur neue technologische Möglichkeiten in den Blick, die mit Industrie 4.0 entstehen, sondern auch die Umgestaltung der Arbeitsorganisation in der Produktion, die oft parallel zur Einführung digitaler Technologiekonzepte stattfindet. Die empirische Studie, die das arbeitsbezogene Lernen während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen in Industriebetrieben empirisch untersucht, greift den Forschungsbedarf auf.

Für die eingangs aufgestellten Fragen wurde ein qualitatives Forschungsdesign konzipiert, um die subjektiven Erzähl- und Handlungsweisen sowie die sozialen Mechanismen in Betrieben während der Einführung neuer Technologien zu erfassen und zu rekonstruieren (Denzin, 1970; Denzin & Lincoln,

2003; Lamnek & Krell, 2016; Mayring, 2010). Die Wahl des qualitativen Forschungsansatzes erfolgte aufgrund der Vorüberlegung, dass bestimmte Deutungsmuster der Befragten quantitativ nur unzureichend erfasst werden können und die Hintergründe für bestimmte Lernphänomene wie Lernhemmnisse beim arbeitsbezogenen Lernen somit im Verborgenen bleiben. Aufgrund der Dynamik in den Unternehmen wurde die Studie außerdem so konzipiert, dass sie zeitliche Bezüge erfasst und somit dem Prozesscharakter der gegenwärtigen Entwicklungen gerecht wird, weil die Einbindung von Erkenntnisfortschritten zulässig ist (Denzin & Lincoln, 2003). Die theoretische Basis der Konzeption und das forschungspraktische Vorgehen sind im Folgenden beschrieben.

Das Forschungsdesign der empirischen Studie basiert auf der Fallstudienstrategie. Dieser qualitative Ansatz ist eine etablierte Methode in der arbeits- und industriesoziologischen Forschung, um die Komplexität sozialer Wirklichkeiten abzubilden. Mit der Entscheidung für eine Fallstudienstrategie wurde der Erkenntnisgewinn darin gesehen, die subjektiven und kollektiven Einschätzungen und Deutungen von Handlungen der Befragten im alltäglichen Kontext in zeitlicher Abhängigkeit zu erfassen und zu rekonstruieren, wobei die Befragten als (selbst)erkennende Subjekte in den Mittelpunkt der Untersuchung gestellt wurden. Diese spezifische Denkhaltung orientiert sich streng am Forschungsgegenstand und ist typisch für qualitative Studien (Klemm & Liebold, 2017; Menz, 2021; Pflüger et al., 2010a, 2010b).

Das grundlegende Merkmal qualitativer Fallstudien der arbeits- und industriesoziologischen Forschung ist die Kombination aus verschiedenen Erhebungs- und Auswertungsmethoden zur Analyse sozialer Mechanismen. In theoretischer Hinsicht unterschieden sich Fallstudiendesigns oft hinsichtlich der Tiefe und der Dauer in der Durchführung (Pflüger et al., 2010a; Yin, 2014). Orientiert an den Gütekriterien qualitativer Forschung erfolgt die Forschungsplanung von Fallstudien typischerweise anhand vier typischer Kriterien (Mayring und Günther 2003; Pflüger et al. 2010 Flick 2014, 2018; Strübing et al. 2018). Zu diesen Kriterien zählen Offenheit, Multiperspektivität, Methodenkombination und Kontextbezug (Pflüger et al., 2010a).²⁶ Die Konzeption des qualitativen Fallstudiendesigns für die vorliegende Studie orientiert sich an diesen Kriterien zur Sicherung der Qualität und stimmt mit ihnen überein.

Die typischen Forschungsdesigns qualitativer Fallstudien in der Arbeitssoziologie beziehen systematisch verschiedene Perspektiven auf bestimmte Aspekte des Untersuchungsgegenstandes in die Analyse ein und lassen neben den Beobachtungs- oder Interviewdaten ebenso relevante Kontextfaktoren einfließen. Bei Bedarf ist außerdem eine Ergänzung weiterer Kontextfaktoren oder Methoden zulässig (ebd., 31ff.). In der vorliegenden Studie kommen daher verschiedene Erhebungsmethoden zum Einsatz, die vorab in einem Forschungsplan grundlegend verankert wurden.

²⁶ Anmerkung: In der zitierten Literatur wird darauf hingewiesen, dass für die Beurteilung qualitativer Studien (modifizierte) Kriterien der quantitativen Forschung wie Objektivität, Reliabilität und Validität nicht angemessen sind, denn sie lassen sich nicht vollständig mit dem grundlegenden Denkansatz qualitativer Forschung in Übereinstimmung bringen (ebd.).

3.1.2 Forschungsplan der qualitativen Studie zum arbeitsbezogenen Lernen

Auf Basis dieser Vorüberlegungen wurde ein Forschungsplan erstellt, mit dem die subjektive Sicht der Beschäftigten aus typischen Arbeitsbereichen in verschiedenen Betrieben erfasst und analysiert werden konnte. Die folgende Abbildung 7 veranschaulicht die grundlegende Vorgehensweise und den Forschungsplan der Studie in Anlehnung an Yin (2014, 49).

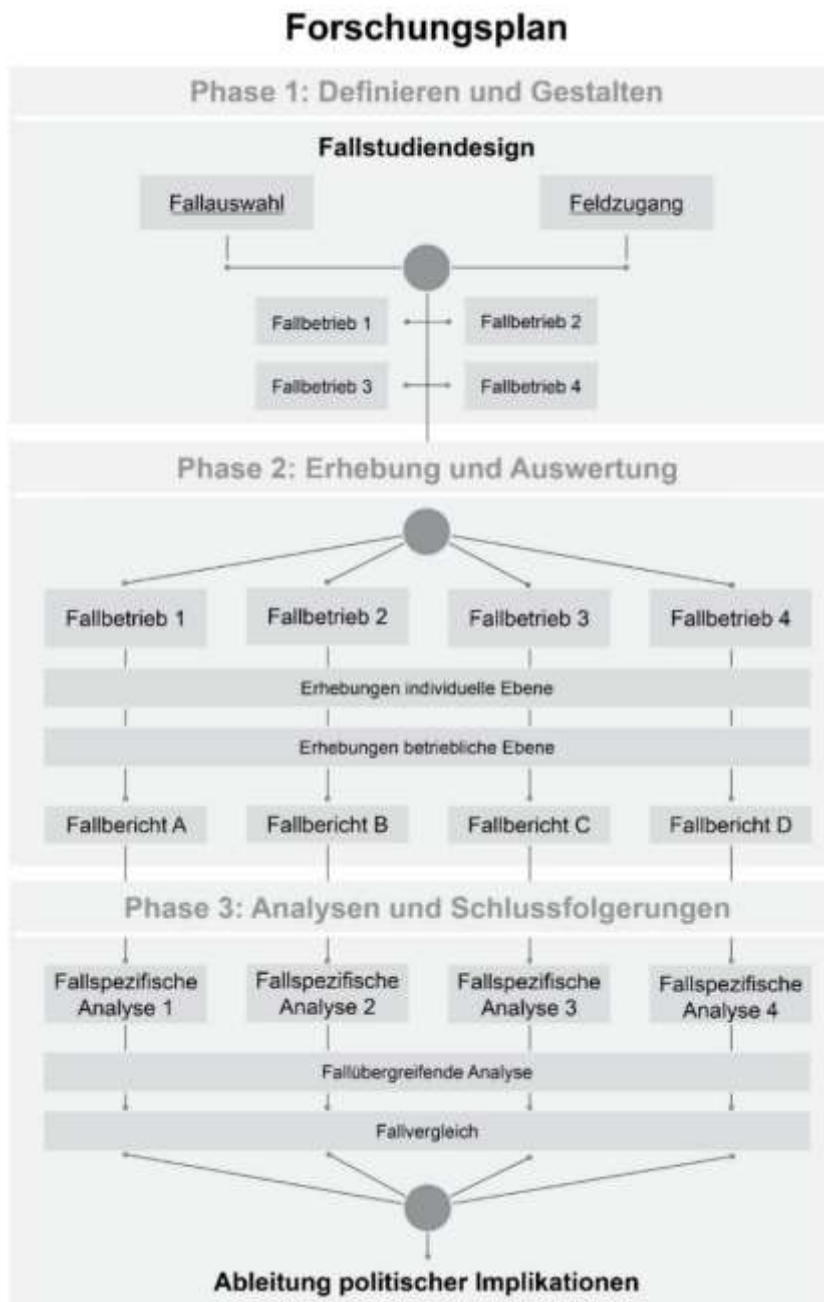


Abbildung 7: Forschungsplan für die Untersuchung angelehnt an Yin 2014

Der Forschungsplan (Abb. 7) zeigt, wie das Vorgehen in der Studie im Hinblick auf die Fallstudienstrategie vorstrukturiert wurde. In Bezug auf die Forschungsfrage und die abgeleiteten

Unterfragen wurde für das Forschungsdesign eine Kombination aus einem vertiefenden und vergleichenden Fallstudienansatz ausgewählt (Kelle und Kluge 2010). Der vertiefende Ansatz (Betrieb A) wurde ausgewählt, um unterschiedliche Sichtweisen bei verschiedenen Akteursgruppen eines Betriebes auf die Einführung neuer Technologien und das arbeitsbezogene Lernen im Kontext von Industrie 4.0 tiefergehend zu erfassen und die komplexen Wirkungszusammenhänge zu rekonstruieren. In vertiefenden Fallstudien kommen oft Methoden wie teilnehmende Beobachtungen, leitfadengestützte Interviews mit Beschäftigten, Management- und Interessensvertretungen zum Einsatz (Pflüger et al. 2010, S. 45ff.). Dieser Ansatz wurde auch im Rahmen dieser vorliegenden Studie verfolgt. Ergänzend wurden Kurzfallstudien (Betrieb B-D) durchgeführt, in denen Interviews mit Expert*innen und Interviews mit Vertreter*innen des Managements und des Betriebsrats eine vordergründige Rolle spielten (Bogner et al., 2005; Helfferich, 2019; Meuser & Nagel, 2002). Aufgrund der hohen Dynamik im Forschungsfeld erhielt das Forschungsdesign einen Prozesscharakter, der sich an der Dynamik im Forschungsfeld orientierte. Auf diese Weise konnte die Einführung neuer Technologien an verschiedenen Arbeitsplätzen im Hinblick auf das arbeitsbezogene Lernen begleitend analysiert werden. Bei der Analyse von Industriebetrieben handelt es sich um einen Untersuchungsgegenstand mit komplexen sozialen Handlungsmustern und dynamischen Prozessen mit entsprechenden Über- und Unterordnungen.

Aufgrund der zu erwartenden dynamischen Entwicklungen in Industriebetrieben wurden für mehrere Zeitpunkte (F1-F6) unterschiedliche Methodenzuschnitte konzipiert, die dem jeweiligen Erkenntnisziel folgen. Zum Einsatz kamen spezifische Erhebungs- und Auswertungsinstrumente während des Untersuchungszeitraumes. Auch der Forschungsplan blieb anpassungsfähig, um möglichst nah am Untersuchungsgegenstand die Einführung neuer Technologien und das arbeitsbezogene Lernen im Kontext von Industrie 4.0 begleitend zu erfassen. Der Untersuchungsprozess wurde dokumentiert und ist im Anhang dargestellt.

Die Auswertung der verschiedenen Fragekomplexe erfolgte fallspezifisch und fallübergreifend. Über zwei verschiedene Auswertungsmethoden pro Person und pro Betrieb wurden die Protokolle der Beobachtungen und der Gruppendiskussionen sowie der transkribierten Interviews mittels qualitativer Inhaltsanalyse für die vier Fallbetriebe ausgewertet und als Fallbericht zusammengefasst (Gläser & Laudel, 2010). Dabei wurden die Einführungsprozesse neuer Technologien und die arbeitsbezogenen Lernprozesse aus Sicht der Beschäftigten rekonstruiert.

Eine tiefergehende Analyse der subjektiven Sichtweisen auf Arbeit, Technik und Lernen erfolgte mit der dokumentarischen Methode. Der Fallbegriff beinhaltet hier im Gegensatz zur Betriebsfallanalyse nicht die Sicht auf den untersuchten Betrieb, sondern er bezieht sich auf die befragte Person (Nohl 2009). Ausgewählte Passagen des gesamten Datenmaterials, die fallspezifisch und fallübergreifend analysiert wurden, ermöglichten eine methodisch kontrollierte Interpretation der subjektiven Aussagen (Bohnsack et al., 2010, 2013; Nohl, 2009). Die folgenden Aspekte zur Umsetzung von Qualifizierungsansätzen konnten mit dieser Methode besonders berücksichtigt werden:

- Welche Bedeutung hat das arbeitsbezogene Lernen während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen?
- Welche Lernbedingungen gibt es bei unterschiedlichen Industriebeschäftigten im Betrieb und welche fördern aus Sicht von Industriebeschäftigten die Lernbereitschaft?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der individuellen Lernbereitschaft und den wahrgenommenen Lernbedingungen?
- Wie schätzen Industriebeschäftigte im Kontext von Industrie 4.0 selbst ihre Chancen zum Upskilling und ihre Risiken zum Deskillung ein?

Die *fallspezifische Analyse* der Befragten erfolgte mit der formulierenden Interpretation, indem die Aussagen der Befragten in ausgewählten Transkripten abschnittsweise paraphrasiert wurden (Bohnsack, Nentwig-Gesemann & Nohl, 2013; Bohnsack, Pfaff, & Weller, 2010; Nohl, 2009). Dieses Vorgehen diente dazu, die relevanten Themensetzungen der Befragten zu erkennen und individuelle Relevanzsetzungen der Befragten empirisch zu fundieren. Gleichzeitig war es möglich materialgeleitete Themenkomplexe herauszuarbeiten, die für die Forschungsfrage relevant sind (Nohl, 2009). Im Anschluss daran erfolgte die reflektierende Interpretation, bei der formale und informelle Kontextfaktoren der Interviews berücksichtigt wurden. Hierbei wurde der Orientierungsrahmen herausgearbeitet, in welchem eine befragte Person das Thema anspricht, so dass zentrale Argumentationslinien der Befragten erkennbar wurden. Das diente der Rekonstruktion des subjektiven Aussagegehaltes der Befragten und berücksichtigt die Art und Weise, wie Befragte das Thema ansprechen, ohne die Aussagen dabei zu objektivieren (Nohl 2009, S. 50f.). Die Ergebnisse der fallspezifischen Analyse wurden am Ende systematisch zusammengeführt und sind als Fallportrait im Ergebnisteil dargestellt. Die jeweiligen Fallportraits der Betriebe enthalten somit Daten aus Beobachtungen, Interviews und Diskussionen, aber ebenso sekundäre Daten zum Betriebsfall wie auch Daten aus betriebsinternen Dokumenten.

Im Anschluss an die fallspezifische Analyse erfolgte ein *Fallvergleich*. Der Fallvergleich ermöglichte es, unterschiedliche Ausprägungen oder Abweichungen eines Phänomens in verschiedenen Betrieben analytisch zu erfassen (Nohl, 2009, S. 45 ff.). Nachdem die fallspezifische Analyse abgeschlossen war, erfolgte ein fallübergreifender Vergleich, der einer Validierung der subjektiven Interpretationen diente und verhindern sollte, dass sich die Interpretation zu stark an den eigenen normativen Erwartungen orientierte (Nohl, 2009, S. 54 f.). Mit einer fallübergreifenden Analyse wurden die Daten aus den vier deutschen Großbetrieben der Metall- und Elektroindustrie bezüglich des Umgangs mit den Themen miteinander verglichen. Auf diese Weise gelang eine Identifikation von Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der Technischeinführung in den Betrieben. Weiterhin gelang ein Einblick in die Gestaltung lernförderlicher Bedingungen für das arbeitsbezogene Lernen im Kontext von Industrie 4.0, besonders in der Fallkontrastierung (Kelle & Kluge, 2010). Auf diese Weise konnten vier verschiedene Typen zur Lernförderlichkeit identifiziert werden (Generierung von Typen mit einem hohen Abstraktionspotenzial (Nentwig-Gesemann 2013, S. 312), die im Ergebnisteil (B) vorgestellt werden). Vor allem aber gelang mit der Fallkontrastierung eine Analyse der komplexen sozialen Mechanismen, die ein arbeitsbezogenes Lernen im Kontext von Industrie 4.0 verhindern können (Nohl, 2009, S. 92). In diesem Auswertungsschritt ist ein Fall nicht der Betrieb, sondern die befragte Person. Besonderes

Augenmerk lag auf gegenläufigen Tendenzen für die Erklärung interdependenter Mechanismen im Veränderungsprozess, die zu einer Reproduktion sozialer Ungleichheit in Industriebetrieben führen.

Die qualitative Analyse im Studiendesign folgte keinem vollständig standardisierten Ablauf, sondern ließ moderate Abweichungen im vorab strukturierten Forschungsplan zu. Auf diese Weise waren nicht nur Anpassungen in der Datenerhebung und Datenauswertung möglich, sondern es konnte auf die jeweiligen Gegebenheiten im Forschungsfeld angemessen reagiert werden (Lamnek & Krell, 2016; Meuser & Nagel, 2002; Pflüger et al., 2010a; Yin, 2005, 2014).

3.1.3 Fallauswahl und Sample

Die Untersuchung bezieht sich auf die Veränderungen in der Metall- und Elektroindustrie (M+E-Industrie). Dieser Industriezweig wurde aufgrund der hohen wirtschaftlichen Relevanz für den Produktionsstandort Deutschland ausgewählt. Zur Metall- und Elektroindustrie gehören insgesamt zwölf Branchen, die sich in große Betriebe mit globaler Arbeitsteilung und zahlreiche weniger bekannte klein- und mittelständische Zulieferbetriebe aufteilen lassen. In Deutschland sind laut den Branchendaten des Gesamtverbandes Metall über 4 Millionen Menschen in über 25.000 Unternehmen beschäftigt.

Zahlen von Eurostat und Mikrozensus (2015) belegen, dass im Industriesektor circa 75 Prozent männliche Beschäftigte tätig und Frauen generell weniger vertreten sind als in anderen Bereichen wie z. B. im Dienstleistungssektor.²⁷ Eine Ausbildung absolvieren 200.600 Personen und jährlich werden um die 70.000 neue Ausbildungsverträge abgeschlossen. Typische Ausbildungsberufe sind Elektroniker/in, Mechatroniker/in, Zerspanungsmechaniker/in oder Maschinen- und Anlagenführer/in oder Anlagenmechaniker/in, Fachinformatiker/in und Werkstoffprüfer/in. Die Ausbildung in Deutschland erfolgt typischerweise als technisch-gewerbliche Ausbildung oder als duales Studium mit Schwerpunkten wie Elektrotechnik bzw. Elektronik oder Mechatronik.²⁸ Außerdem waren in deutschen Industriebetrieben der M+E-Industrie von 2008 bis 2018 circa 5,3 Prozent der Belegschaft in Leih- oder in Zeitarbeit, meist in Arbeitsbereichen mit einfachen Tätigkeiten, beschäftigt. Laut Daten der Bundesagentur für Arbeit steht die Metall- und Elektroindustrie an zweiter Stelle, Tätigkeitsbereiche an Leiharbeit zu vergeben. Dabei liegen die Anteile der Männer, die in Leiharbeit tätig sind bei 35 Prozent und die Anteile der Frauen bei 12 Prozent (Baethge und Baethge-Kinsky 2017). Im Untersuchungszeitraum ging nach fast zehn Jahren Stabilität die Beschäftigung in der Stammbesellschaft leicht zurück, während Zeit- und Kurzarbeit zunahm (VDMA).

Aus forschungspraktischen Gründen wurde das Forschungsfeld der Metall- und Elektroindustrie auf vier größere Industriebetriebe eingegrenzt, die sich zu Beginn der Studie mit der Umsetzung von Industrie

²⁷ Anmerkung: Ungefähr 25 Prozent weibliche Beschäftigte sind entweder im geringqualifizierten Bereich oder im kaufmännischen Verwaltungsbereich sozialversicherungspflichtig beschäftigt (Baethge und Baethge-Kinsky 2017: 10ff.).

²⁸ Anmerkung: In Ausbildungs- und den Studienfächern existieren stark ausgeprägte geschlechtsspezifische Unterschiede. Beispielsweise gehören in Deutschland Studiengänge wie das Maschinenbauwesen und Elektrotechnik/Elektronik bei männlichen Studierenden zu den beliebtesten Fächern und nur vereinzelt lassen sich weibliche Studierende finden (Statistisches Bundesamt: Ranking der 20 stärksten besetzten Studienfächer nach Geschlecht, WiSe 2017-2018).

4.0-Ansätzen beschäftigt. Die Fallauswahl erfolgte nach dem Prinzip der Ähnlichkeit der Betriebe und Funktionsbereiche; kontrastierende Positionen wurden erst in der Analyse nach dem Prinzip der Varianz herausgearbeitet (Kelle & Kluge, 2010). Die Fallauswahl ist wie folgt: Betriebe (Fallbetrieb A-D), Funktionsbereiche (Fallbereiche Montage, Bestückung, Instandhaltung und Logistik). In diesen vier Industriebetrieben wurden verschiedene Erhebungen durchgeführt, im Ergebnisteil (Kapitel 5) sind die Betriebe näher beschrieben und charakterisiert. Die Erhebungen der Tiefenfallstudie mit leitfadengestützten Interviews fand in regelmäßigen Abständen in vorher abgegrenzten Bereichen wie der Montage und Bestückung (direkte Produktion) sowie der Instandhaltung und Logistik (produktionsnahe Dienstleistungen) statt.

Auf Basis dieser Vorüberlegungen zur arbeitssoziologischen Fallstudienstrategie (Pflüger et al., 2010a, 2010b) erfolgte im Zeitraum von 2017 bis 2021 die Erhebung und Auswertung qualitativer Daten in vier ausgewählten deutschen Großbetrieben der Industrie. Die Erhebungen wurden mit verschiedenen Methoden durchgeführt. Insgesamt konnten explorative Werksbegehungen (10) in den Industriebetrieben durchgeführt werden. Die untersuchten Betriebe sind im Ergebnisteil im Kapitel 4.1 näher beschrieben. Darüber hinaus wurden insgesamt 15 Arbeitsplatzbeobachtungen (15) am Arbeitsplatz zu Beginn der Studie und leitfadengestützte Interviews (119) mit Beschäftigten, Expert*innen und Betriebsräten (N=50) realisiert. Ergänzend wurden Gruppendiskussionen (13) mit verschiedenen Beschäftigtengruppen durchgeführt sowie betriebsinterne Dokumente aus den vier Betrieben in Dokumentensets (pro Betrieb ein Set, bestehend aus verschiedenen Dokumenten) analysiert.

Insgesamt wurden in der Studie 50 Personen in vier Betrieben der Metall- und Elektroindustrie (M+E Industrie) befragt. Einige von ihnen wurden aufgrund des Prozessdesigns mehrfach befragt, so dass die Anzahl aller Interviews insgesamt 119 beträgt. Die Befragten unterschieden sich nach bestimmten Merkmalsverteilungen hinsichtlich Alter, Geschlecht, Qualifikationsgrad und Status im Betrieb. Ziel war es, Beschäftigtengruppen mit unterschiedlichen Qualifikationsniveaus in das Untersuchungssample zu integrieren, um zu analysieren, wie sich die Lernbedingungen beim arbeitsbezogenen Lernen hinsichtlich der vorherigen Qualifizierung unterscheiden. Die folgende Abbildung 8 veranschaulicht die Verteilungen der Merkmale in Prozent.

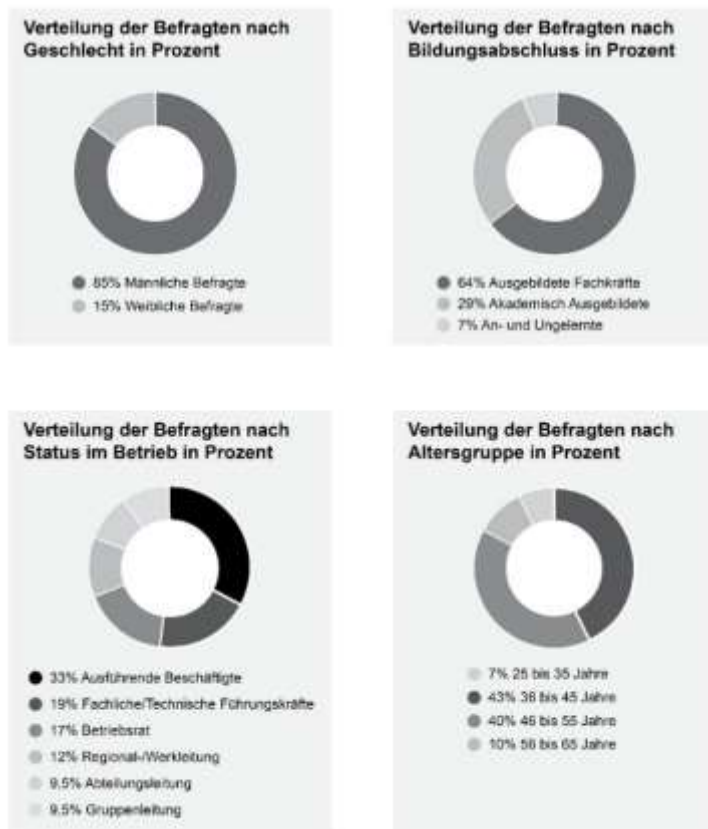


Abbildung 8: Übersicht über prozentuale Verteilung der Befragten (N=50) nach Merkmalen

Zum Sample gehörte ein fester Personenkreis (N=15), der während der Studie wiederholt befragt wurde und ein variabler Personenkreis (N=35). Zum festen Sample gehörten ausführende Beschäftigte aus verschiedenen Bereichen des vertieft untersuchten Betriebs wie der direkten Produktion (Montage und Bestückung) und der produktionsnahen Dienstleistungen (Logistik und Instandhaltung). Hier ging es darum, das arbeitsbezogene Lernen innerhalb der Tätigkeit der Beschäftigten zu analysieren. Die befragten Personen waren entweder angelernt (formal geringqualifiziert) oder verfügten über eine fachspezifische Ausbildung (technische Fach- und Führungskräfte). Zum variablen Sample gehörten Expert*innen (meist akademisch Ausgebildete), die an der Entwicklung und an der Implementierung neuer Technologien beteiligt sind, sowie das Management. Zu den befragten Expert*innen gehörten auch Personen, die Auskunft über die betrieblichen Ansätze zur Aus- und Weiterbildung geben konnten. Um den Regulierungsbedarf und gegenwärtige Tendenzen der Mitbestimmung zu erfassen, wurden Personen der Interessensvertretungen und gewerkschaftliche Vertreter befragt. Bei allen Befragten des festen und variablen Samples wurden die Arbeitsprozesse, die Arbeitsorganisation und die Arbeitsmittel untersucht.

3.2 Erster Studienabschnitt: Exploration in die Industrie und Feldzugang

Im ersten Studienabschnitt (2017) standen explorative Erkenntnisziele zum Umsetzungsstand von Industrie 4.0-Ansätzen im Vordergrund. Unklar war zu diesem Zeitpunkt, inwieweit deutsche Betriebe

der Metall- und Elektroindustrie die Industrie 4.0-Leitvision aufgreifen und welche Konsequenzen für die Qualifizierung der Beschäftigten zu erwarten sind. Für das ausgewählte Forschungsfeld der Metall- und Elektroindustrie wurden zunächst öffentlich zugängliche Dokumente analysiert. Dazu gehörten Webseiten und imageprägende Dokumente wie Unternehmensbroschüren, die auf Messen und Tagungen verbreitet wurden und Themen wie „Industrie 4.0“ und „Smart Factory“ kommunikativ dargestellt haben.

3.2.1 Durchführung der Exploration

Auf Basis der ersten Erkenntnisse und um die Umsetzungsszenarien in Betrieben besser abzuschätzen, wurden in vier Betrieben der Metall- und Elektroindustrie zuerst die Interessensvertretungen interviewt (Gläser & Laudel, 2010; Meuser & Nagel, 2002). Befragt wurden Betriebsrät*innen zu möglichen Szenarien mit Industrie 4.0 sowie den Chancen und Risiken hinsichtlich der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen. Auf diese Weise wurden voneinander abgrenzbare Arbeitsbereiche in Industriebetrieben identifiziert, in denen Beschäftigte in unterschiedlicher Weise mit der Einführung von Industrie 4.0-Ansätzen konfrontiert sind. Dazu gehören industrielle produktionsnahe Dienstleistungen wie die Instandhaltung und die Logistik sowie direkte industrielle Produktionsbereiche wie die Montage, Fließ- und Insselfertigung. Darüber hinaus befassen sich sowohl die befragten Expert*innen in administrativen und produktionsübergreifenden Bereichen wie etwa im Aus- und Weiterbildungsmanagement, Qualitäts-, Change- und Lean-Management. Befragt wurden auch die Interessensvertretungen der Betriebe, die in unterschiedlicher Weise mit der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen konfrontiert wurden. Die Bereiche wurden in der Untersuchung als abgegrenzte Untersuchungseinheiten mit jeweils eigenen Arbeitsbedingungen und Dynamiken aufgefasst.

Für die Exploration zum Umsetzungsstand Industrie 4.0 wurden im direkten Arbeitsprozess in einem Betrieb Beschäftigten aus verschiedenen Funktionsbereichen beobachtet und explorativ befragt. Diese sogenannten Beobachtungsinterviews (Kuhlmann, 2009) gehören zu den kaum standardisierten Verfahren, die beobachtende und befragende Teile methodisch miteinander verbinden. Im Rahmen von arbeitssoziologischen Fallstudienstrategien wird dieses Instrument häufig angewendet. Es eignet sich für eine verstehende Analyse von Arbeitsprozessen und räumt den Denk-, Entscheidungs- und Handlungsprozessen von Beschäftigten einen hohen Stellenwert ein (Helfferich, 2019; Kuhlmann, 2009). Die Beobachtungen wurden in eingrenzenden Funktionsbereichen durchgeführt und Produktionsbeschäftigte unmittelbar in ihrem Arbeitsvollzug für mehrere Stunden begleitet. Die Beschäftigten galten als typische Repräsentanten hinsichtlich ihrer Tätigkeiten, ihrer spezifischen Erfahrungen und typischen qualifikatorischen Voraussetzungen für ihren Arbeitsplatz.

Mit Beobachtungsinterviews – die Kuhlmann (2003) als eine Kombination aus Beobachtung und situativer Befragung versteht – war es möglich, typische Momente im Arbeitsprozess von Industriebeschäftigten personenunabhängig zu beschreiben sowie typische und atypische Arbeitsbereiche voneinander zu unterscheiden. Gegenstand der Beobachtungen waren die Gegebenheiten der Arbeit, die technischen Arbeitsmittel (wie etwa Assistenzsysteme) und nichttechnischen Arbeitsmittel (wie

Vorschriften usw.). Die Beschäftigten haben ihre Tätigkeiten bzw. Denk- und Entscheidungsprozesse im Arbeitsvollzug verbalisiert. Zum Beispiel wurden die notwendigen Voraussetzungen für die Bewältigung der konkreten Situation und zur ausgeführten Handlung erläutert. Oder auch, wie oft diese Situation aufgetreten ist und welche möglichen Handlungsalternativen zur Verfügung stehen usw. Dieses Vorgehen diente dem tiefergehenden Verstehen der Denk- und Entscheidungsprozesse im Arbeitsvollzug (Girtler, 2009). Während der Beobachtung stand die Erfassung möglichst vollständiger Handlungssequenzen bzw. Interaktionsszenen bei Industriebeschäftigten im Arbeitsvollzug im Vordergrund, um intersubjektive Momente des sozialen Handelns und Erlebens als sinnhafte Konstruktion von Arbeit nachzuvollziehen.

Die Erhebungssituation wurde wenig standardisiert und nur ein grobes Raster von Fragen entwickelt, um die Beobachtungsrichtung zu konkretisieren. Dem Grundsatz folgend „erst beobachten, dann fragen“, wurde der natürliche Arbeitsprozess der Beschäftigten nicht unterbrochen und nur bei Bedarf verstehend und situativ nachgefragt. Nach dem Leitprinzip der „Fremdheit“ wurden die Personen aufgefordert, alltägliche Selbstverständlichkeiten zu explizieren, um das „Andere“ im Vertrauten zu entdecken. Der Gesprächsverlauf wurde nicht von einem Leitfaden vorbestimmt, um eine natürliche Gesprächssituation herzustellen. Die Dokumentation der Arbeitssituation sollte von den Beschäftigten als unauffällig erlebt werden. Dafür war ein hohes Maß an Empathie notwendig, da es sich bei Beobachtungsinterviews um ein Eindringen in eine natürliche Situation am Arbeitsplatz handelt. Die Anwesenheit von Forschenden über einen längeren Zeitraum war ungewohnt für viele Beschäftigte. Das Vorgehen wurde daher individuell mit den Beschäftigten besprochen; die Vertrauensbildung spielte hier eine entscheidende Rolle, nicht nur zum Schutz von Daten, sondern auch zum Schutz der persönlichen Sphäre im Arbeitsprozess. Es galt, sich an die Alltagshandlungen von Produktionsbeschäftigten anzupassen. Während der Beobachtungsinterviews mussten Besonderheiten im Untersuchungsfeld, z. B. Sicherheitsbestimmungen an bestimmten Arbeitsplätzen, beachtet werden. Mehrere Akteure mussten für diesen Vorgang ein grundlegendes Einverständnis geben. Beispielsweise die Werksleitung, die jeweilige Leitungsebene der Beschäftigten und die Interessenvertretung, aber auch die Beschäftigten selbst. Vor dem Beobachtungsprozess wurde betont, dass es sich um das Verstehen der Tätigkeiten und der Arbeitssituation handelt und nicht um eine Kontrolle durch den Betrieb oder durch Vorgesetzte. Es sollten Verzerrungen der Ergebnisse durch erwünschtes Verhalten vermieden werden.

Aufgrund der Erkenntnisabsicht zum Technikeinsatz bei bestimmten Tätigkeiten wurde entgegen den theoretischen Empfehlungen, mehrtägige Beobachtungsinterviews durchzuführen (Kuhlmann 2002), in der vorliegenden Studie die Dauer auf zwei bis vier Stunden begrenzt, da bereits nach kurzer Zeit deutlich wurde, dass sich die aufgestellten Fragen schnell beantworten ließen. Dafür wurden die Beobachtungen in regelmäßigen Abständen wiederholt, um die Veränderungsdynamik zu erfassen.

3.2.2 Aufbereitung und Auswertung der explorativen Beobachtungen

Die explorative Erkundung des Untersuchungsfeldes im ersten Studienabschnitt erfolgte mit der größtmöglichen Offenheit dem Forschungsgegenstand gegenüber (Meuser & Nagel, 1997, S. 482). Die

Erkenntnisse der explorativen Phase bestehen aus öffentlich zugänglichen Dokumenten über die Metall- und Elektrobranche, den Werksbegehungen und den Interviews mit Expert*innen und Vertreter*innen des Managements und des Betriebsrats (Meuser & Nagel, 2002). Die Erkenntnisse aus der explorativen Erhebung wurden in Feldprotokollen festgehalten. Die Analyse der Experteninterviews erfolgte inhaltsanalytisch nach Gläser und Laudel (2010). Die Handlungszusammenhänge, die an den Arbeitsplätzen beobachtbar waren, wurden direkt im Anschluss in einem Feldtagebuch systematisch dokumentiert und inhaltsanalytisch nach (Kuckartz, 2016, 2018) ausgewertet. Schritt für Schritt wurde die Dokumentation auf Vollständigkeit, Plausibilität und Widersprüchlichkeit geprüft und zentrale Aspekte der Tätigkeiten in den Funktionsbereichen wurden herausgearbeitet. In der Datenauswertung wurden kollegiale Feedbackschleifen in die Auswertung einbezogen, um ein höchstmögliches Maß an Objektivität zu gewährleisten.

3.3 Zweiter Studienabschnitt: Vertiefung mit arbeitssoziologischen Betriebsfallstudien

Im zweiten Studienabschnitt ging es um das vertiefte Verständnis zur Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen im Hinblick auf neue Qualifikationsanforderungen für die Beschäftigten und die Chancenverteilung zur Qualifizierung. Aus der explorativen Untersuchung wurde deutlich, dass punktuelle Momentaufnahmen allein nicht ausreichen, um die Einführungsdynamik neuer Technologien in den Funktionsbereichen unterschiedlicher Industriebeschäftigter in der Metall- und Elektroindustrie abzubilden und neue Qualifikationsanforderungen zu beschreiben.

3.3.1 Durchführung von leitfadengestützten Interviews in Betriebsfallstudie A

Für die vertiefte Untersuchung hat sich ein Industriebetrieb der Metall- und Elektroindustrie (Betrieb A) für eine Untersuchung bereit erklärt, die während der Einführung neuer Technologien stattfinden konnte. Der ausgewählte Betrieb steht exemplarisch für die Situation vieler Industriebetriebe der Metall- und Elektroindustrie in Deutschland und wird im Ergebnisteil (Kapitel 4) anhand der Marktstellung, der Beschäftigtenstruktur und der Umsetzung von Industrie 4.0 näher beschrieben. Im Rahmen dieser vertieften Betriebsfallstudie wurden zu sechs Erhebungszeitpunkten (F1-F6) insbesondere leitfadengestützte Interviews mit Beschäftigten aus verschiedenen Arbeitsbereichen durchgeführt.

Die Interviews verteilten sich auf ein festes Sample, bestehend aus 15 Personen, die regelmäßig wiederkehrend zur Situation am Arbeitsplatz befragt wurden. Das konstante Sample beinhaltete Personen aus typischen Funktionsbereichen der direkten Produktion und der produktionsnahen Dienstleistungen, wie sie in deutschen Industriebetrieben häufig anzutreffen sind. Das konstante Sample repräsentiert alle hierarchischen Ebenen der untersuchten Industriebetriebe und die Befragten bilden alle soziodemografischen Merkmalsverteilungen ab. Die befragten Personen unterschieden sich wie eingangs bereits dargestellt hinsichtlich folgender Merkmale: (a) formaler Qualifikationsgrad, (b) Rolle/Status im Arbeitsprozess, (c) Betriebszugehörigkeit, (d) Alter und (e) Geschlecht; diese wurden bei der Auswertung berücksichtigt.

Die Befragten waren An- und Ungelernte im Bereich der Einfacharbeit und verschiedene Fach- und Leitungskräfte, die betriebsintern als Repräsentanten für ihren Arbeitsbereich angesehen werden, weil sie über abteilungsspezifisches Wissen über ihren Arbeits- und Tätigkeitsbereich sowie über ein Handlungs- und Erfahrungswissen über ihr Arbeitsgebiet verfügen. Die Befragten wurden intern durch die Interessensvertretung für die Studie angeworben und entschieden sich freiwillig für eine Teilnahme. Dieser Personenkreis wurde in regelmäßigen Abständen wiederholt leitfadengestützt befragt und die Tätigkeitsbereiche wurden weiter beobachtet.

Ergänzend zum konstanten Sample kam im Verlauf der Erhebung ein variabler Personenkreis (N=35) hinzu, um verschiedene Perspektiven vertieft nachzuvollziehen. Den Befragten wurde intern eine hohe Lernmotivation zugeschrieben und sie wurden von internen Betriebsakteuren vorgeschlagen. Die Befragten waren zumeist Fachkräfte in leitender Funktion. Dazu gehörten die Abteilungs- und Gruppenleitungen sowie Projektleitungen, die sich mit der Umsetzung neuer Arbeitsweisen im Zuge der Technologieentwicklung befassen. Im Verlauf der Studie wurde der Personenkreis sukzessive erweitert auf Personen, die im Bereich der Personal- und Kompetenzentwicklung sowie Aus- und Weiterbildung tätig sind, und Expert*innen, die zum Thema Automatisierung und Digitalisierung arbeiten. Bei diesen Personen wurde ein Zugriff auf besondere abteilungsübergreifende Wissensbestände und ein Wissensvorsprung durch spezialisiertes Fachwissen zur Umsetzung von Industrie 4.0 und der Qualifizierung der Beschäftigten angenommen. Weiterhin wurden regelmäßig im Abstand von drei bis vier Monaten die Sichtweisen der Interessensvertretung erfragt sowie die Ansichten von Projektverantwortlichen aus Bereichen wie Lean-, Change und Qualitätsmanagement punktuell mit einbezogen. Die thematische Fokussierung und die Auswahl der Expert*innen gingen oft Hand in Hand. Außerdem wurde die Werkleitung mehrfach interviewt.

Mit den Expert*innen wurde ein situationsadäquates Gespräch auf Augenhöhe geführt; ihnen wurde dabei viel Freiraum für eigene diskursive Relevanzsetzung gegeben. Insbesondere der Werkleiter oder die Führungskräfte mit disziplinarischer Verantwortung haben eine zielgerichtete Gesprächsführung erwartet. Das Vorgehen wurde durch die breite Unterstützung im Werk begünstigt. Die befragten Personen wurden für die Studie in regelmäßigen Abständen für Interviews und Workshops von der Arbeit freigestellt. Das ermöglichte die Erfassung prägender und alternativer Sichtweisen sowie eine Identifikation übereinstimmender und abweichender Interessenpositionen im Betrieb.

Während der feste Personenkreis regelmäßig einmal im Quartal leitfadengestützt befragt wurde und zweimal im Jahr eine kommunikative Validierung subjektiver Sichtweisen im Gruppenverfahren als Workshop stattfand, wurde der variable Personenkreis punktuell leitfadengestützt nach Bedarf befragt oder in Gruppenverfahren eingebunden. Aufgrund der praktischen Gegebenheiten im Feld und forschungsökonomischer Erwägungen wurde die Auswahl des festen Samples begrenzt und das variable Sample schrittweise ausgeweitet, um aus Einzelaussagen zu generellen Schlussfolgerungen zu kommen. Zudem wurden auch Akteure außerhalb des Fallbetriebes befragt und für die Auswertung hinzugezogen. Diese Überlegungen basieren auf Empfehlungen der Literatur zu arbeitssoziologischen Fallstudien (Yin 2005, 2018; Pflüger et al. 2010).

In der Studie konnten die Vorzüge der Fallstudienstrategie genutzt werden, um bspw. weitere Personen zu befragen, gemäß dem (neuen) Erkenntnisstand die Fragen in den jeweiligen Leitfäden für die Interviews moderat und sukzessive anzupassen und auch innerhalb eines Gespräches die sich als relevant darstellenden Aspekte des Gespräches flexibel zuzulassen (Yin 2005, 2018, Pflüger et al. 2010). So wurden in den Ergänzungsstudien (Betrieb B, C, D) weitere leitfadengestützte Interviews durchgeführt und hauptsächlich Interessensvertretungen und Expert*innen zur Umsetzung von Industrie 4.0 und zur Qualifizierung der Beschäftigten befragt. Aufgrund ungleicher Arbeitsbedingungen bei Industriebeschäftigten gab es Hinweise auf ungleiche Qualifizierungsprozesse, die im Verlauf der Studie sukzessive vertieft wurden. Mit dem festen und dem variablen Sample wurden im Untersuchungszeitraum (2017-2021) leitfadengestützte Interviews (119) durchgeführt.

Die leitfadengestützten Interviews mit insgesamt 50 Personen aus dem festen und dem variablen Sample hatten eine Interviewlänge, die jeweils 60 bis 90 Minuten betrug. In den Interviews wurden die teilstandardisierten Leitfäden flexibel als Gedankenstütze eingesetzt, um bspw. den inhaltlichen Fokus beizubehalten oder die Erzählsequenzen aufrecht zu erhalten. Die Interviewleitfäden bestanden aus drei bis vier Fragekomplexen, die sich an den Leitfragen der Studie orientierten; diese sind im Anhang abgebildet. Im Wesentlichen unterschieden sich die Leitfäden im Grad der Detaillierung und Strukturierung. Die ersten Leitfäden für die Interviews basierten im Wesentlichen auf den Erkenntnissen des explorativen Studienabschnitts. Sie wurden jeweils angepasst auf das Arbeits- und Tätigkeitsfeld der Befragten.

Die Interviewleitfäden für die Interviews mit ausführenden Beschäftigten waren stärker vorstrukturiert als die problemzentrierten Interviews mit Expert*innen. Die Einstiegsfragen und die Abschlussfragen wurden immer gleich formuliert, um eine gewisse Vergleichbarkeit zwischen den Interviews herzustellen. Zu Beginn wurde eine allgemein gehaltene Einstiegsfrage als erzählgenerierende Frage gestellt. Die Frage ermöglichte eine offene Entfaltung der jeweiligen Position und eigene Schwerpunktsetzungen, ohne vorab den Problemfokus zu stark einzuengen. Beispielsweise wurden Beschäftigte aus einem speziellen Funktionsbereichen gefragt, wie sie die Einführung von Industrie 4.0-Anwendungen erleben. Die Fragen hatten einen materialgenerierenden Charakter, auch wenn es nicht immer zur idealtypischen längeren erzählerischen Darstellung kam. Im zweiten Schritt folgten nach der Gesprächseröffnung allgemeine Sondierungen und spezifische Sondierungen. Insbesondere allgemeine Sondierungen dienten der detaillierten Erfassung der jeweiligen Perspektive zum betreffenden Thema. Mit allgemeinen Verständnisfragen hatten die Interviewten die Gelegenheit, die Veränderungen in ihrem Bereich zu spezifizieren oder ggf. zu korrigieren. Die Interviewten konnten auf diese Art und Weise noch unscharfe Problemfelder im Dialog konkretisieren, was zur unmittelbaren Detaillierung beitrug. Das Nachfragen half den Interviewten beim Erinnern von Ereignissen und bei der Strukturierung der Thematik, so dass damit die Möglichkeit bestand, noch fehlende Informationen zum Sachverhalt zu erhalten. Beispielsweise mit Fragen wie: „Was war dann genau? Wie war das im Einzelnen?“. Bei bruchstückhaften Darstellungen wurden die Interviewten mit verstehenden Nachfragen ermutigt, die Themen weiter auszudifferenzieren oder ggf. Aussagen zu korrigieren. Es ging um Sachverhalte und Haltungen, die im Arbeitsalltag oft als selbstverständlich angesehen wurden. Bei konflikthaftern Inhalten wurde durch

vorsichtiges Nachfragen auf Widersprüche aufmerksam gemacht und es wurden brisante Themen zur Diskussion gestellt. Zum Abschluss der Interviews wurden zu kommenden Entwicklungen und Erwartungen sogenannte Ad-hoc-Fragen gestellt, die vorher im Leitfaden verankert wurden. Am Ende der ersten Interviews wurden zudem soziodemografische Daten erhoben und in weiteren Interviews relevante Daten zum Arbeitsbereich angefragt. Das Prinzip der Offenheit ermöglichte es, kontinuierlich die neu gewonnenen Erkenntnisse in weitere Interviews über den Zeitverlauf der Studie zu integrieren, um umfassende Einblicke zu aktuellen Veränderungsdynamiken in Industriebetrieben zu erhalten und nach Tätigkeitsbereichen zu differenzieren.

3.3.2 Aufbereitung und Auswertung der leitfadengestützten Interviews

In allen Befragungen standen die subjektiven Sichtweisen der Befragten im Vordergrund. Die Befragten wurden in einem deutlich abgrenzbaren Handlungsfeld untersucht, was eine Erfassung spezifischer Erfahrungen und Deutungen ermöglichte. Aus den Audioaufzeichnungen der Interviews mit wurde das Datenmaterial, softwaregestützt mit "f4transkript", vollständig als Transkript angefertigt. Die Anfertigung der Transkripte orientiert sich an festgelegten Transkriptionsregeln (Kuckartz, 2016, 2018). Die Transkripte weisen daher einen mittleren Grad an Detailliertheit auf, im Vergleich zum Vorgehen in der dokumentarischen Methode (bspw. Sprechpausen) (Bohnsack et al., 2010, 2013). In der Aufbereitung der Daten war die Anonymisierung der personenbezogenen Daten wichtig, um eine Identifizierung durch Dritte auszuschließen. Alle Angaben zur Person, Institution, zum Ort und Zeitpunkt des Interviews wurden verschlüsselt.

Vor der interpretierenden Analyse wurden die Transkripte mit den Tonaufzeichnungen kontrollierend abgeglichen, geordnet und für die Analyse in Max QDA aufbereitet. Die Aussagen wurden thematisch anhand von Kategorien codiert und die Codes mit Definitionen hinterlegt. Die jeweiligen Textpassagen, die einen neuen Aspekt beinhalteten, wurden zunächst wieder nah am Text codiert, neue Codes in die bestehende Struktur integriert und alle Textdokumente dahingehend nachcodiert. Mehrere Textpassagen eines Dokuments wurden somit einem thematischen Code zugeordnet und im Verlauf der Analyse entstanden neue abstrakte Codes, die sich am Ende zu einer materialgeleiteten Codestruktur entwickelten. Zur methodischen Absicherung wurden die Codes regelmäßig von weiteren Forschern unabhängig überprüft und verglichen. Bei Uneinigkeit wurde über mögliche Interpretationsansätze diskutiert und im Konsens entschieden, wie damit verfahren wird. Der Analyseprozess wurde softwaregestützt mit dem Programm Max QDA aufbereitet, codiert und kategorisiert.

Einige Befragte haben Audioaufzeichnungen abgelehnt. In diesen Fällen wurden während des Interviews umfangreiche Notizen gemacht und unmittelbar im Anschluss an das Interview Feldprotokolle angefertigt. Unterstützend wurde für die Verschriftlichung eine Spracherkennungssoftware (Dragonball) verwendet. Die Interviews mit Feldnotizen und ohne Transkript erhielten einen geringeren Stellenwert als die dokumentierten Interviews mit Tonaufzeichnungen.

Der Auswertungsprozess umfasste die Reorganisation des umfangreichen Datenmaterials, um daraus geschlossene Fallgestalten zu entwickeln. Das gesamte Material wurde deshalb nach ähnlichen oder abweichenden Merkmalen geordnet und systematisch auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede untersucht (Denzin & Lincoln, 2003, 2017; Mayring, 2010)

Insbesondere durch den ausgedehnten Zeitraum der Studie stand die Sicherung der umfangreichen Informationen an oberster Stelle. Direkt im Anschluss an die Interviews wurden deshalb die erhobenen Daten systematisch aufbereitet und zeitpunktbezogen für die Transkription archiviert. Zusätzlich wurden Feldnotizen angefertigt und archiviert, die den Kontext der Gespräche dokumentieren, weil alleinige Erinnerungsleistungen aufgrund selektiver Informationsverarbeitung unzureichend erschienen. Aus forschungsökonomischen Gründen wurden die Transkriptionen der Interviews unter datenschutzrechtlichen Prämissen überwiegend fremdvergeben.

Im ersten Abschnitt wurden alle Informationen nach Zeitpunkt und Funktionsbereichen sortiert. Nach dieser Struktur wurden alle Transkripte und die dazugehörigen Feldnotizen gesichtet und systematisch nach Funktionsbereich abgelegt. Im Detail orientierte sich die Ordnung nach dem Zeitpunkt der Erhebung und der jeweiligen interviewten Person. Die Sichtung des Materials ermöglichte die Entscheidung, welche Textstellen als Paraphrasen und welche als Direktzitate wiedergegeben werden. Dieses Vorgehen lehnt sich an die formulierende Interpretation nach Bohnsack (1991: 36) an. Im zweiten Schritt wurde das jeweilige Interview einer Person als Ganzes inhaltlich verschlagwortet und es wurden möglichst nah am Text thematische Überschriften gebildet. Aspekte aus dem Leitfaden und den Feldnotizen dienten als Anhaltspunkt. Im Abgleich zeigten sich deutlich eigene Schwerpunktsetzungen der Interviewten, die Aufschluss über die besondere Perspektive des jeweiligen Akteurs sowie den Kontext gaben. Der dritte und abschließende Abschnitt diente der Neuorganisation des Materials. Einzelne Textteile der Interviews wurden thematisch neu arrangiert und die Abfolgen von Textpassagen zugunsten der argumentativen Struktur aufgehoben (ebd.). Die Art und Weise der Auswertung ermöglicht es, die einzelnen Themen in eine sinnvolle Ordnung zu bringen.

Nachdem das Material gesichtet, aufbereitet und strukturiert worden war, folgte die vertiefte Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018). Der Auswertungsprozess bestand aus drei größeren Schritten. Der erste Schritt (Z1) war die Aufbereitung aller Transkripte, Protokolle und Feldnotizen, die aus Beobachtungs- und Interviewdaten entstanden sind. Die Analyse wurde in chronologischer Reihenfolge nach den Interviewpartnern sortiert und es wurden erste Überschriften (Kodes) in Textabschnitte eingefügt. Der zweite Schritt (Z2) war die Analyse und der Vergleich der Transkripte nach Zeitpunkten (F1-F6). Alle Aussagen wurden im Zusammenhang gelesen und auf Redundanzen innerhalb der Interviewstatements geprüft. Passagen wurden paraphrasiert und die ersten Überschriften in den Textabschnitten verfeinert und erweitert. Die Zitate wurden im Kontext belassen. Bei diesem Arbeitsschritt sind die Transkripte und die darin enthaltenen Gesprächssequenzen vollständig erhalten geblieben. Im dritten Schritt (Z3) wurden die Transkripte nach materialbezogenen Kategorien zuerst kodiert, so dass sinnhafte Abschnitte erhalten geblieben sind. Das Material wurde dann argumentativ neu nach Kategorien zusammengestellt, um eine sinnvolle Beschreibung der Abteilung, Arbeitsplätze und

Tätigkeiten, der Lernbedingungen usw. zu erhalten und die Veränderungsprozesse in der Abteilung nachzuzeichnen. Am Ende der Zuordnung sind vier Fallportraits entstanden, die im Ergebnisteil A vorgestellt werden.

Im Anschluss an die explorativ gewonnenen Erkenntnisse aus dem ersten Studienabschnitt konnten verschiedene Deutungen zur technologischen Entwicklung und zur Qualifikation im Kontext von Industrie 4.0 rekonstruiert werden. Im Vordergrund stand dabei die Rekonstruktion subjektiver Perspektiven der interviewten Personen in Bezug zur Umsetzung der Industrie 4.0-Konzepte und den individuellen Möglichkeiten zur Qualifikation. Durch die verschiedenen Zeitpunkte konnten Abweichungen in Aussagen, veränderte Relevanzsetzungen oder veränderte Haltungen im Verlauf der Studie identifiziert werden. Die Zusammenfassung der Erkenntnisse von Einzelpersonen aus den jeweiligen Funktionsbereichen ermöglichte eine abteilungsspezifische Beschreibung der Dynamiken im Umsetzungsprozess von Industrie 4.0 und der Zusammenhänge zwischen der Einführung neuer Technologien, neuer Arbeitsorganisationsmodelle und dem Lernbedarf der Beschäftigten. Für die vertieften Erkenntnisse zur Umsetzung von Industrie 4.0 im Hinblick auf die Ursachen ungleicher Chancen zur Qualifizierung wurden unterschiedliche Beschäftigtengruppen miteinander verglichen.

Der Erkenntnisgewinn liegt in bisher vernachlässigten Dynamiken zwischen dem Arbeitshandeln der Beschäftigten und dem Zusammenspiel von technischen und arbeitsorganisatorischen Voraussetzungen hinsichtlich des Lernens im Prozess der Arbeit. Die Analyse der Lernbereitschaft und der Arbeits- und der Lernbedingungen ermöglichte die Entwicklung einer Typologie zu lernförderlichen Arbeitsbedingungen (Kapitel 6).

3.4 Dritter Studienabschnitt: Qualitative Validierung

Der dritte Studienabschnitt diente der Validierung der Erkenntnisse in den Betrieben. Aufgrund der hohen methodischen Flexibilität in Fallstudiendesigns kamen zur Validierung der Erkenntnisse themenzentrierte Gruppendiskussionen (13) in vier verschiedenen Betrieben der Metall- und Elektroindustrie zum Einsatz. In den Gruppendiskussionen war es möglich, individuelle Aussagen aus den Interviews aus den vier untersuchten Industriebetrieben anonymisiert aufzugreifen und die Aussagen ergänzend aus verschiedenen Perspektiven diskutieren zu lassen. Das Validierungsziel bestand darin, die Aussagekraft der Interviews zu erhöhen. Im Mittelpunkt stand die Frage, wie Industriebeschäftigte gegenüber der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen eingestellt sind und die Möglichkeiten zur Qualifizierung einschätzen.

3.4.1 Durchführung der Gruppendiskussionen

Für die Durchführung der Gruppendiskussionen stand die Gestaltung einer partizipativen Gesprächssituation im Mittelpunkt. In adressatengerechten Formaten wie Workshops, Expert*innen- und Diskussionsrunden erhielten verschiedene Akteure die Gelegenheit, über Erfahrungen während der Einführung neuer Technologien zu berichten und über förderliche und hinderliche Aspekte beim Lernen

im Prozess der Arbeit kollektiv zu reflektieren. Vorbereitend wurde das Einverständnis der Teilnehmenden zur Gruppendiskussion eingeholt und Ablaufpläne mit entsprechenden Leitfragen wurden entwickelt. Hierfür wurden kontroverse Themen aus den Interviews aufgegriffen, abstrahiert und als diskursive Fragestellung aufbereitet. Aus ihnen wurden erzählgenerierende Impulse entwickelt und zielgerichtet in die Ablaufpläne integriert. Die zeitliche und inhaltliche Rahmung ermöglichte einen flexiblen und situationsgerechten Umgang mit den verschiedenen Teilnehmerkreisen zu den vorab entwickelten Fragen.

Der Ablauf der Gruppendiskussionen folgte dem gängigen dreiteiligen Muster: Eröffnung mit Diskussionsanreiz, Diskussion, kontrastierende Reflexion. Eröffnet wurde im ersten Teil mit einer kurzen Vorstellungsrunde, um eine Vertrauensbasis herzustellen und um die Redebeiträge für das spätere Protokoll zuzuordnen. Verschiedene Akteure legten in Impulsvorträgen die thematische Richtung der Diskussion fest und vorüberlegte Diskussionsanreize wurden zielgerichtet an die gesamte Gruppe adressiert. Die Formulierungen variierten je nach Adressatenkreis z. B. als mehr oder weniger offene Fragen. In Diskussionskreisen mit Interessensvertretungen wurden teilweise provozierende Statements formuliert. Im Verlauf wurden schrittweise weitere Fragen in die Diskussion eingespielt, um möglichst viel über den Umsetzungsstand der Industrie 4.0-Konzeption und über zusammenhängende Qualifikationen zur Entwicklung von Kompetenzen bei Beschäftigten zu erfahren. Währenddessen wurde nicht moderierend eingegriffen. Im zweiten Teil der Gruppendiskussion erfolgte eine Themensondierung zur Aktivierung der Gruppe. In kleineren Teilgruppen wurden vorab definierte Fragen diskutiert und die Ergebnisse an Moderationswänden dokumentiert. Die Themen hierfür stammen ebenfalls aus den vorab durchgeführten Interviews und wurden in Absprache mit der Interessensvertretung thematisch spezifiziert. Die Fragen dienten dem Erfassen und Vertiefen bereits vorab formulierter Aussagen durch Interviewpartner.

Im dritten Teil der Gruppendiskussionen wurden mit der gesamten Gruppe die Diskussionsstränge zusammenfassend rekapituliert und ggf. verschiedene Ansichten kontrastiert. Durch immanentes Nachfragen wurde ermittelt, ob es sich bei bestimmten Problematiken um Einzelmeinungen oder um kollektiv geteilte Erfahrungen handelt. Methodisch wurde dies in Form von Paraphrasierung zentraler Aussagen gelöst und bei Unklarheiten oder gegenteiligen Haltungen immanent nachgefragt. In einigen Gruppen, wie etwa im Diskussionskreis mit Führungskräften, stand das Aufzeigen von Konsequenzen als Fortführung des Gesagten im Mittelpunkt, was zu weiterführenden Diskursen angeregt hat.

Die 13 durchgeführten Gruppendiskussionen unterschieden sich im Detail hinsichtlich des Grads der Formalisierung, der abhängig vom Format und Adressatenkreis war und Auswirkungen auf die Anzahl der Teilnehmenden und die Dauer hatte. Die Übersicht über die durchgeführten Gruppendiskussionen ist tabellarisch im Anhang aufgelistet. Die inhaltlichen Gesprächsimpulse wurden entsprechend dem Wissensstand der Diskutanten angepasst und von der Moderation an die Gruppe gegeben, so dass die Teilnehmenden weitestgehend eigenständig diskutieren konnten. Die Mehrzahl der Gruppendiskussionen entsprach den üblichen Diskussionsprozessen in Betrieben und einzelne

Gruppendiskussionen hatten eine äußerst heterogene und künstliche Gruppenzusammensetzung, die im Normalfall eher selten zusammentritt.

Die Moderation der Gruppendiskussionen war aufgrund der Teilnehmeranzahl (>10) wichtig, um Orientierungspunkte festzulegen. Zum Beispiel, wann die Diskussion beginnt oder endet bzw. wann ein inhaltlicher Richtungswechsel vorgenommen wird. Im Prozess der Diskussion hatte die Moderation die Aufgabe, allen Teilnehmenden genügend Raum zu geben, die eigene Perspektive zu entfalten oder eine zu starke Abweichung der Redeanteile einzelner Personen durch Wortführer zu moderieren, ohne direkt in die Kommunikation einzugreifen. Die Redebeiträge aller Teilnehmenden waren oft gleichmäßig verteilt, so dass es nicht notwendig war, in die Verteilung der Redebeiträge einzugreifen oder zu intervenieren. An oberster Stelle stand eine grundlegend wertschätzende Haltung, um zu vermitteln, dass alle Ansichten willkommen sind. In allen Gruppendiskussionen zeigte sich eine überdurchschnittliche Beteiligung, so dass der Ergebnisgehalt von den Gruppen entscheidend mitbestimmt wurde, auch wenn die Dauer der Gruppendiskussionen (zwischen 1,5 und 6 Stunden) variierten.

Die Durchführung und die Vor- und Nachbereitungen erforderten vielschichtige Kompetenzen. Angefangen bei der Auswahl und Zusammenstellung der Gruppe bis hin zur Terminfindung, Durchführung und Dokumentation. Im Mittelpunkt stand die jeweilige Gruppe, die in einem passenden Rahmen selbstständig und offen diskutiert und reflektiert. Die stärkere Vorstrukturiertheit in den Gruppendiskussionen mit Beschäftigten ermöglichte einen partizipativen Dialog im Vergleich zu Formaten mit Führungskräften oder Interessensvertretungen, die durch ihr Aufgabenspektrum eher an kommunikative Austauschprozesse gewöhnt sind. Für das situative Nachfragen zum richtigen Zeitpunkt waren Kenntnisse über Gruppendynamiken wichtig. Zum Beispiel: „Wann lasse ich eine Diskussion laufen, auch wenn sie sich unter Umständen vom Thema entfernt und wann greife ich in die Diskussion ein?“. Zudem war zu beachten, dass Personen in Gruppenprozessen, insbesondere mit zunehmender Teilnehmerzahl, eher sozial erwünscht antworten als in Einzelinterviews. Aus diesem Grund wurden in größeren Gruppen mit stärker hierarchisierten Strukturen auch zurückhaltende Teilnehmende ermutigt, ihre Sichtweisen in die Diskussion einzubringen, ohne die Meinung zu beeinflussen oder dies durch Wertungen in andere Richtungen zu führen.

3.4.2 Aufbereitung und Auswertung der Gruppendiskussionen

Die Dokumentation der Gruppendiskussionen erfolgte durch ein bis zwei stille Teilnehmer aus der Forschungsgruppe, die den Diskussionsverlauf und zentrale Aussagen der Diskutanten protokollierten. Für die richtige Zuordnung der Aussagen waren die Vorstellungsrunden wichtig. Einschränkend sei an dieser Stelle erwähnt, dass eine Video- oder Tonbandaufzeichnung die Aussagekraft zwar erhöht hätte, jedoch auf Wunsch der Studienteilnehmenden keine offiziellen Audioaufzeichnungen infrage kamen. Unmittelbar im Anschluss an die Gruppendiskussionen wurden die Protokolle gesichtet und qualitativ mit der dokumentarischen Methode ausgewertet (Bohnsack et al., 2010, 2013; Vogl, 2019). Die Protokolle der jeweiligen Gruppendiskussion wurden bestimmten Kategorien zu vorliegenden Aussagen im Interviewmaterial zugeordnet und hinsichtlich ihrer inhaltlichen Gemeinsamkeiten und Unterschiede

abgeglichen. Da die Gruppendiskussionen im Forschungsprozess zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt wurden, konnten neue thematische Relevanzsetzungen der Diskutanten und neue diskursive Entfaltungen in der Gruppe in weiterführende Interviews einfließen. Die inhaltlichen Äußerungen wurden weiterhin hinsichtlich eines Gruppenkonsens und hinsichtlich der Gruppendifferenzen untersucht. Durch den kollektiven Aussagegehalt der Gruppendiskussionen konnten die bestehenden Erkenntnisse aus der explorativen und der vertiefenden Phase im Forschungsprozess gefestigt werden. Bei Abweichungen konnte der Aussagegehalt der Interviews analytisch hinterfragt werden.

Unter methodologischen Gesichtspunkten sind Gruppendiskussionen als „Gespräch einer Gruppe von Untersuchungspersonen zu einem bestimmten Thema unter Laborbedingungen“ (Lamnek, 2010, S. 413) zu verstehen und können validierend eingesetzt werden.²⁹ Die Analyse der Gruppendiskussionen ermöglichte somit einen Zugang zum „Gemeinschaftssubjekt“, denn es wurde angenommen, dass sich Personen nicht isoliert bewegen, sondern in einem „bestimmten, von einer Gemeinschaft getragenen Erfahrungszusammenhang“ (Mangold 1980, S. 241). In Gruppendiskussionen sind kollektiv verankerte Orientierungen als „Gruppenmeinung“ erkennbar, die als gemeinsam geteilte Erfahrungen bereits vor der Diskussion bestehen und in den Diskussionen aktualisiert werden. Mit der Annahme einer Wechselwirkung zwischen einer Einzelmeinung und der Auseinandersetzung im sozialen Kontext wurde im Anschluss an Lewin (1975) die Gruppe als „dynamische Ganzheit“ in einem „dynamischen Kontext“ aufgefasst (ders. 112 ff. und 128 ff.). Somit konnten gemeinsam geteilte Erfahrungsräume und kollektive Orientierungsmuster zur Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen rekonstruiert und die Aussagen zur Qualifizierung und den Bedingungen für das Lernen im Prozess der Arbeit aus den Interviews geschärft werden (Bohnsack et al., 2010, 2013). Der kollektive Erfahrungshorizont bestand in der übereinstimmenden Einschätzung einer hohen Komplexität und Geschwindigkeit bei der Umsetzung von Industrie und konträre Haltungen konnten entlang individueller Lernprozesse für bestimmte Gruppen in Industriebetrieben ermittelt werden. Selbstgesetzte Themen oder sich andeutende Konfliktlinien wurden vertiefend in die nächsten Interviewleitfäden eingearbeitet.

Die Gruppendiskussionen hatten außerdem die Funktion eines wissenschaftlichen Reflexionsangebotes für die untersuchten Betriebe. Sie erhielten damit die Möglichkeit, zum Beispiel über die Grenzen bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Projekten zu reflektieren und über die Gestaltung von Arbeit nach lernförderlichen Kriterien für Industriebeschäftigte zu diskutieren. Weiterhin erhielten Beschäftigte dadurch die Chance, ihre Handlungs- und Gestaltungsspielräume auch über Betriebsgrenzen hinaus zu erkennen und zu nutzen. Die Rückkopplungen von Zwischen- und Endergebnissen in das Untersuchungsfeld waren dafür wichtig.

²⁹ Anmerkung: Der Ansatz knüpft an traditionelle Arbeiten von Friedrich Pollock, Kurt Lewin und Werner Mangold an. Laut Pollock (1955) bekommen latente Einstellungen bei Einzelnen oft erst eine Kontur, wenn sie in sozialen Zusammenhängen als Standpunkt bezeichnet werden. Bereits vor der Diskussion sind individuelle Meinungen vorhanden, können jedoch spontan zum Ausdruck gebracht werden oder durch Bezugnahme auf unterschiedliche Ansichten bestärkt bzw. relativiert werden (Pollock 1955: 32f.).

3.5 Vierter Studienabschnitt: Kontextualisierung mit Dokumentenanalysen

Im vierten Studienabschnitt ging es um die Kontextualisierung der Studienergebnisse. Ergänzend zur bisherigen Datenerhebung mit Beobachtungen, Interviews und Gruppendiskussionen kam eine Analyse betriebsinterner und betriebsfremder Dokumente zum Einsatz. Insbesondere für die Einschätzung zur Gestaltung lernförderlicher Arbeit wurden die Dokumente mit dem Ziel analysiert, die Sichtweisen der Beschäftigten mit den Daten auf der Mesoebene der Betriebe hinsichtlich der Lernbedingungen umfassend zu verstehen und einzuordnen.

3.5.1 Durchführung der Dokumentenanalyse

Die analysierten Dokumente wurden während des gesamten Forschungsprozesses mit dem Ziel gesammelt, objektivierte Informationen über Verfahren im Umsetzungsprozess von Industrie 4.0 im Hinblick auf die Qualifizierung von Beschäftigten zu gewinnen, die über die Einzeldarstellungen der Befragten und die Diskussionen in Betrieben hinausgehen. Im Verlauf entstanden Dokumentensets mit verschiedenen Dokumenten. Zu Dokumenten zählen Verschriftlichungen sowie visuelle, audio-visuelle und auditive Dokumente (Atteslander, 1971). Um ein vollständiges Bild über sozial organisierte Praktiken zu erhalten, wurden am Rande weiterhin sogenannte Sachdokumente analysiert. Dazu gehören bspw. Werkzeuge und Bekleidung der Beschäftigten (Kühl, 2002). Die analysierten Dokumente sind im Anhang tabellarisch abgebildet.

Wie bei anderen Erhebungssituationen hing die Materialsammlung von den Gegebenheiten im Feld und vor allem vom Grad der Zugänglichkeit ab. Ein Teil der analysierten Dokumente lag bereits zu Beginn der Forschung (2017) vor und wurde angefragt. Dieses Dokumentenset kam aus betriebsinternen Quellen und diente dem Zweck, Informationsgrundlagen für Beschäftigte bereitzustellen. Dazu gehörten Ergebnispräsentationen interner Befragungen und Arbeitsanweisungen usw. Ein zweites Dokumentenset, das eher Repräsentationszwecken diente und an betriebsexterne Adressaten gerichtet war, enthielt imagebildende und emotionalisierende Botschaften. Zum Beispiel handelte es sich um Dokumente, die von den Betrieben bereitgestellt wurden bzw. öffentlich zugänglich waren, wie Gesprächsleitfäden für Talentgespräche oder Präsentationen zu Leitbildern im Unternehmen, aber auch Filme, Fotos und Plakate usw., die bei Rundgängen sichtbar waren bzw. von Interviewpartnern thematisiert wurden. Die Dokumentensets wurden nach Art der Anspruchsgruppen in interne oder externe Dokumente unterteilt und als leicht oder schwer zugängliche Dokumente gekennzeichnet. Aus forschungspraktischer Sicht war die Sammlung der Dokumentensets mit einem geringen Aufwand verbunden. Vorhandene Dokumente waren schnell durch Recherchen zu ermitteln. Allerdings standen hier kaum Informationen über Ursachen- und Wirkungszusammenhänge zur Verfügung.

3.5.2 Aufbereitung und Analyse der ausgewählten Dokumente

Im Verlauf des gesamten Forschungsprozesses wurden verschiedenartige Dokumente gesammelt, sorgfältig aufbereitet und archiviert. Die Dokumentensets, die relevant für die Beantwortung der

Forschungsfrage waren, wurden am Ende der Studie analysiert. Alle ausgewählten Dokumente wurden mit Aussagen aus Beobachtungen, Befragungen und Gruppendiskussionen in Beziehung gesetzt, um die Inhalte besser einordnen und übergeordnete Zusammenhänge erkennen zu können. Einige Dokumente dienten als Gesprächsanlass in Befragungen und Gruppendiskussionen. Wichtig war, dass das untersuchte Datenmaterial hinsichtlich Form und Inhalt nicht durch den Forschungsprozess beeinflusst wurde.

Die Analyse der Dokumentensets entsprach den verschiedenen Arten der Dokumente. Die Textdokumente wurden wie die Interviews unabhängig voneinander nah am vorliegenden Text codiert und mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) ausgewertet. Teilweise handelte es sich bei den Textdokumenten um aggregierte Zahlen aus Betriebsbefragungen, die nicht direkt auf die Frage bezogen waren oder zu anderen Zeitpunkten erhoben wurden. Die Bilddokumente (wie Fotos, Filme usw.) wurden inhaltlich ausgewertet und unterstützend herangezogen. Anders als in Textdokumenten ist die Auswertung von Bilddokumenten ein hochgradig interpretativer Vorgang und daher kam es auf die Rekonstruktion und Interpretation des gesamten Erscheinungsbildes in Fotokampagnen oder in Filmen an. Die Sachdokumente – wie etwa die Gestaltung von Räumen, Arbeitskleidung oder Werkzeugen – gaben wertvolle Hinweise auf die Art der Tätigkeiten und flossen in die Beschreibung der Fallportraits typischer Industriearbeitsbereiche im Ergebnisteil ein.

Unter methodologischen Gesichtspunkten dienen die Dokumente dazu, die subjektiven Aussagen von Beschäftigten zu kontextualisieren und die Fallgestalt zu schließen (Flick et al., 2019). Dokumente können als "Werk" menschlichen Schaffens in objektivierter Form menschliches Handeln, Denken und Erleben bezeugen. Da die Dokumente in natürlichen Situationen entstanden sind, haben sie aufgrund der nicht-reaktiven Beschaffenheit das Potenzial, subjektivierte Daten zu validieren (Albrecht, 1957). Mit den analysierten Dokumenten ließen sich bestimmte Vorstellungen, Erlebnisse, Handlungs- und Denkprozesse von Akteuren aufzeigen (Denzin & Lincoln, 2017). Im Hinblick auf die Forschungsfrage spiegeln sich in den Dokumenten bestimmte Interessenlagen wider, die je nach Akteur vieles über die Einbindung von Industriebeschäftigten bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen offengelegt haben. Somit repräsentieren die Dokumente objektivierter Teilbereiche einer sozialen Wirklichkeit, die sich empirisch mit Interviews nicht erschlossen hätten.

Im Bearbeitungsstand der Dokumente ließen sich beispielsweise Konsensbildungen nachweisen, denn ab einem bestimmten Zeitpunkt verändern sich Dokumente kaum noch. Das kann als objektiviertes Ergebnis einer Verständigung angesehen werden, die sich in Interviews oder in Gruppendiskussionen noch nicht oder nicht sicher erfassen ließen. In Sachdokumenten, also in Kleidungsstücken und technischen Artefakten am Arbeitsplatz, war weiterhin eine symbolische Unterscheidung von ungleichen Beschäftigungsverhältnissen in Industriebetrieben erkennbar.

Obwohl die Dokumentenanalyse forschungspraktisch eine gute Möglichkeit ist, objektivierter Daten zu integrieren, ist sie mit Nachteilen verbunden. Die mangelnden Informationen zum Entstehungskontext der Dokumente konnte nur in Interviews nachvollzogen werden und auch die Aussagekraft der

vorgefundenen Dokumente musste hinsichtlich der Relevanz für das Forschungsproblem priorisiert werden. Nicht alle Unterlagen passten vollständig zur Untersuchungsfrage oder ließen teilweise zu große Spielräume für eine Interpretation, so dass sie ein Nachfragen in Interviews ausgelöst haben.

3.6 Zusammenfassende Reflexion zum methodischen Zugang

Der vierstufige Forschungsprozess ermöglichte einen umfassenden Zugang zum Lernen im Prozess der Arbeit im Kontext von Industrie 4.0. Zu Beginn der Studie waren grundsätzlich zwei methodische Zugänge denkbar. Zum einen der Zugang über quantitative Daten, die das Phänomen in der Breite erfassen, oder zum anderen über qualitative Daten, die das Phänomen in der Tiefe erfassen. Die Entscheidung, kontinuierlich die arbeitsbezogenen Lernprozesse bei Industriebeschäftigten begleitend zur Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 mit einer qualitativen Fallstudienstrategie zu untersuchen, wurde vor dem Hintergrund des Forschungsstandes getroffen. Die Grundlage für diese Entscheidung bildeten die Möglichkeiten qualitativer Studien, die vor Beginn des Forschungsprozesses ausgiebig geprüft wurden. Für die Analyse dynamischer Umsetzungsprozesse, wie die Einführung neuer Technologien im Rahmen von Industrie 4.0-Ansätzen und die Umsetzung von Ansätzen zur Qualifizierung, erwies sich die Entscheidung für eine qualitative Zugangsweise als ertragreich.

Das konzipierte Forschungsdesign ermöglichte es, die subjektzentrierten Sichtweisen von Industriebeschäftigten auf das Lernen im Prozess der Arbeit und die Arbeits- und Lernbedingungen während der Umsetzung von Industrie 4.0 zu ermitteln. In der Analyse stand die Sicht von Beschäftigten während der Implementierung digitaler Technologien im Mittelpunkt. Im Zuge dessen wurden die Arbeitsprozesse untersucht und Aussagen zu den Möglichkeiten und den Hindernissen für die Qualifizierung bei verschiedenen Gruppen von Industriebeschäftigten analysiert. Die Schwankungen in der Lernbereitschaft bei Beschäftigten konnten durch das Prozessdesign ermittelt werden. Die Analyse der arbeitsortspezifischen Lernbedingungen knüpft an theoretische Vorüberlegungen im Konzept zur lernförderlichen Arbeit unter soziotechnischen Bedingungen an. Dieser Ansatz ermöglichte es, die Wechselwirkungen zwischen subjektiven Arbeitshandlungen und strukturellen Bedingungen in der Arbeitsorganisation zu analysieren und einen Zusammenhang zwischen individueller Lernbereitschaft und strukturellen Lernbedingungen herzustellen. In der Studie wurde der Betrieb als ein wichtiger *Lernort* identifiziert und die soziotechnischen Bedingungen am Arbeitsort wurden als *Lernkontext* aufgefasst. Die Untersuchung der arbeitsortspezifischen Bedingungen zum Lernen im Prozess der Arbeit am jeweiligen Arbeitsplatz der Beschäftigten ermöglichte eine Analyse zur ungleichen Chancenverteilung in der Qualifizierung. Die Auswertung erfolgte nach Kriterien wie Position im Betrieb, Alter und formaler Qualifizierungsgrad.

Im Rahmen der Fallstudienstrategie stand insbesondere eine bestimmte Flexibilität im Untersuchungsdesign im Vordergrund, um die Möglichkeiten und die Hindernisse für die Qualifikation von Industriebeschäftigten kontinuierlich zu erheben und vertiefend zu verstehen. Mit beobachtenden, befragenden und validierenden Zielsetzungen hat der flexible Einsatz von Instrumenten zur Datenerhebung und Datenauswertung in jeder Phase des Forschungsprozesses Einblicke in die

komplexen Tiefenstrukturen der Industriebetriebe hinsichtlich der Umsetzung von Industrie 4.0 und der Qualifizierung von Beschäftigten eröffnet. Gerade für das Lernen im Prozess der Arbeit trifft dies in einem besonderen Maße zu. Lernen im Prozess der Arbeit, verstanden als ein dynamischer Prozess, der von Individuen subjektiv unterschiedlich erlebt und gedeutet wird, aber gleichzeitig in arbeitsteiligen Organisationen, also in ein vorstrukturiertes Feld mit eigenen Regeln, in strukturelle Gegebenheiten eingebunden ist, erforderte nicht nur ein flexibles Untersuchungsdesign. Notwendig war vielmehr vor allem die Vertiefung über einen mehrjährigen Zeitraum. Die vertiefte Betriebsfallstudie zeigte in Kombination mit den Ergänzungsstudien deutlich die dynamischen Wirkungszusammenhänge, die sich Kurzfallstudien oder quantitativen Analysen noch entziehen. Die Erfassung von Einstellungen, Ansichten und Deutungen zum Lernen im alltäglichen Arbeitskontext und in zeitlicher Abhängigkeit einer subjektiven und einer kollektiv geteilten Betriebslogik läuft wie jeder andere soziale Prozess nicht nur nach bestimmten Regelmäßigkeiten ab. Es handelt sich vielmehr um einen sozial verschränkten Prozess mit unterschiedlichen Interessen, der kontinuierlich gestaltet wird. Die wiederholten Erhebungen waren aus diesem Grund essenziell, so dass auch Themen zum Vorschein kamen, die allein durch Beobachtungen oder punktuelle Befragungen unzureichend zu erfassen sind. Durch die spezielle Methodenkombination über den gesamten Forschungszeitraum zeigte sich das dynamische Zusammenspiel zentraler Dimensionen der Industriearbeit, die als ein kontinuierlicher soziotechnischer Veränderungsprozess bezeichnet werden kann. An den Gestaltungsfeldern der Arbeitstechnik, der abteilungsspezifischen Arbeitsorganisation und des Arbeitshandelns wurden charakteristische Bruchlinien und Spannungsfelder im Hinblick auf die die Qualifizierung von Industriebeschäftigten ersichtlich, die eine lernförderliche Arbeitsgestaltung und dahinterliegende Aushandlungsprozesse in Betrieben relevant erscheinen lassen.

Am Ende der Studie wurden die Dokumente mit Informationen aus Protokollen der Arbeitsplatz- und Tätigkeitsbeobachtungen und die Informationen aus leitfadengestützten Interviews mit verschiedenen Beschäftigten miteinander in Beziehung gesetzt und die Informationen aus den Protokollen der themenzentrierten Gruppendiskussionen und der Dokumente ergänzt. Im Vordergrund stand die Suche nach Unterschieden zwischen der verstetigten Umsetzung von Industrie 4.0 im Gegensatz zu (noch) nicht verstetigten Prozessen, um den dynamischen Prozess der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen zu illustrieren.

Die Erkenntnisse der vorliegenden Studie beziehen sich auf die vier untersuchten Betriebe der Metall- und Elektroindustrie. Arbeitssoziologische Fallstudien eignen sich nur bedingt für die Verallgemeinerung von Aussagen und eine qualitative Validierung, wie sie hier angewendet wurde, ist nicht mit der sogenannte „externen Validität“ (Sarafino 2005, S. 54) in quantitativen Studien vergleichbar (Kelle, 2007; Kelle & Kluge, 2010; Prior, 2008) Das limitiert die Aussagekraft der Studie aber nur in einem bestimmten Maße, denn Ziel war es, das Besondere im Allgemeinen zu entdecken.

Um die Aussagekraft der Studie außerhalb der empirischen Erhebung etwas zu erweitern, wurde auf Ansätze zur Generalisierung zurückgegriffen (Williams, 2002). Beispielsweise wurde untersucht, inwieweit die Aussagen auf ähnliche Kontexte übertragbar sind (Meuser & Nagel, 2002; Helfferich,

2014, S. 21f.). Die Aussagen im Ergebnisteil wurden nach den Prämissen zur Generalisierung und nach dem Prinzip „das Allgemeine im Besonderen zu entdecken“ extrahiert (Helfferich 2010, S. 172). Variationen von Aussagen zum Phänomen wurden mit neueren Studien aus der Arbeitssoziologie in Zusammenhang gebracht, die zwischenzeitlich zum Umsetzungsstand Industrie 4.0 und der Qualifizierung von Industriebeschäftigten erschienen sind. Besonderes Augenmerk lag beim Fallvergleich auf gegenläufigen Tendenzen, die interdependente Mechanismen im Veränderungsprozess erklären, die zu einer Reproduktion sozialer Ungleichheit in Industriebetrieben führen.

Verallgemeinernde Aussagen kommen bislang in der Debatte um Industrie 4.0 noch zu kurz und nur wenige Studien analysieren die Gemeinsamkeiten und Unterschiede sowie die Kontinuitäten und Diskontinuitäten während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen innerhalb einer Branche oder zwischen mehreren Branchen. Zukünftig ist nicht auszuschließen, dass sich mit der Einführung neuer Technologien oder der Weiterentwicklung von Künstlicher Intelligenz zur algorithmischen Arbeitssteuerung soziale Ungleichheiten auf eine Weise reproduzieren, die durch die Lernprozesse von Beschäftigten strukturiert sind. Daher wird nicht nur die Industriearbeit weiterhin auf eine permanente Überprüfung angewiesen sein. Eine zukünftige Anschlussforschung unter gleichen oder unter ähnlichen Prämissen wäre daher für verschiedene Branchen wünschenswert. Allerdings müsste nicht neuerlich umfangreich exploriert werden, sondern es könnte direkt an die Erkenntnisse in ähnlichen Sektoren geschlossen werden mit dem Ziel, die Aussagekraft der Studie zu erweitern (vgl. am Ende der Arbeit: Potenziale für eine Anschlussforschung).

4 ERGEBNISTEIL A: UMSETZUNG VON INDUSTRIE 4.0 IN INDUSTRIEBETRIEBEN

In diesem Kapitel erfolgt die Beantwortung des ersten Fragenkomplexes zur Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen in vier untersuchten Fallbetrieben der Metall- und Elektroindustrie. Wie eingangs erläutert wurde, ging es im Rahmen der qualitativen Studie um die Klärung der folgenden Fragen:

- Welche Technologien führen unterschiedliche Industriebetrieb der Metall- und Elektroindustrie im Kontext von Industrie 4.0 ein?
- Wie erfolgt die Einführung dieser neuen Technologien in den Betrieben?
- Welche neuen Anforderungen entstehen daraus für verschiedene Industriebeschäftigte?

Für die Beantwortung dieser Fragen wurde die Untersuchung auf vier Großbetriebe der Metall- und Elektroindustrie (M+E Industrie) zugeschnitten, die anhand ihrer charakteristischen Merkmale im ersten Abschnitt (4.1) beschrieben sind. Ein Untersuchungsbetrieb wurde als qualitative Tiefenstudie konzipiert und die Funktionsbereiche der Fertigung wurden vertieft untersucht. Die untersuchten Funktionsbereiche dieses Betriebes sind deshalb als Portraits ausführlicher im zweiten Abschnitt (4.2) beschrieben. In diesen Portraits steht die Analyse der Arbeitsorganisation, der Arbeitsprozesse sowie der Einführung spezifischer Technologien im Hinblick auf die Qualifikationsanforderungen im Vordergrund. Den Ergebnissen der Tiefenanalyse werden im dritten Abschnitt (4.3) in einer vergleichenden Analyse die Ergebnisse aus den drei Ergänzungsstudien gegenübergestellt, um die Befunde des vertieft untersuchten Betriebes in ihrer Tragweite einzuordnen. Das Kapitel endet mit einer Diskussion zum Umsetzungsstand von Industrie 4.0-Ansätzen. Die Befunde werden hierfür an den Forschungsstand zurückgebunden und eingeordnet.

4.1 Charakterisierung der untersuchten Betriebe (M+E Industrie)

In der ersten Phase im Untersuchungsprozess stand die Exploration von Industriebetrieben der Metall- und Elektroindustrie (M+E Industrie) im Vordergrund. Anhand explorativer Werksbesichtigungen (8) und explorativer Interviews mit Betriebsräten und Werksleitungen (8) sowie Expert*innen (10) konnten ein erster empirischer Umsetzungsstand sowie mögliche weitere Vorhaben auf der betrieblichen Ebene ermittelt werden. Ergänzend fließen öffentlich zugängliche Sekundärdaten ein, um die Betriebe an dieser Stelle zu charakterisieren.

Die untersuchten Betriebe werden anhand charakteristischer Merkmale zuerst vorgestellt. Die Ergebnisse der recht offen gehaltenen Erhebungen beziehen sich auf insgesamt vier traditionsreiche Großbetriebe der Metall- und Elektroindustrie. Alle vorgestellten Betriebe sind jeweils in ein globales Unternehmensnetzwerk eingebunden und gelten im Hinblick auf neue Entwicklungen als sogenannte *Vorreiter*, die sich frühzeitig mit der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen befassen. Eine wichtige Bedingung für die Durchführung der Studie war die Bereitschaft der Betriebe, sich während der

Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen begleiten zu lassen, wenn auch in einem unterschiedlichen Ausmaß.³⁰

Die Analyse der Betriebe beginnt mit dem Betrieb A, der als Tiefenstudie konzipiert ist; im Anschluss folgt die Analyse der drei weiteren Betriebe, die als Ergänzungsstudien für eine vergleichende Analyse angelegt sind. Die Beschreibung der untersuchten Betriebe ist jeweils unterteilt in den Kontext des spezifischen Betriebes hinsichtlich der Marktstellung und der Wirtschaftskraft, aber auch die Strukturen im Unternehmen wie etwa Beschäftigungsstrukturen, Organisationsstrukturen, Mitbestimmungsstrukturen oder z. B. auch Arbeitszeitmodelle fließen ein. Anhand dieser Merkmale erfolgt eine Charakterisierung der untersuchten Betriebe.

4.1.1 Charakterisierung: Produktionsbetrieb A

Für die Charakterisierung des Produktionsbetriebes A wurden in der explorativen Phase mehrere dokumentierte Werksbegehungen (3) sowie explorative Interviews mit der Interessensvertretung des Betriebes (3) und Expert*innen (2) durchgeführt. Ergänzend fließen öffentlich zugängliche Sekundärdaten ein.

4.1.1.1 *Stellung im Unternehmenswerk: Produktionsbetrieb A*

Der erste untersuchte Produktionsbetrieb A hat sich auf die Herstellung elektronischer Automatisierungslösungen für die Industriesteuerung spezialisiert. Die Produktionsstandorte sind global auf über 200 Ländern verteilt. Betrieb A ist ein Teil des globalen Unternehmensnetzwerkes. Das Unternehmensnetzwerk ist seit über 150 Jahren bekannt für die Herstellung elektronischer Produkte wie bspw. Energieübertragungs- und Infrastrukturlösungen sowie u. a. Automatisierungs-, Antriebs- und Softwarelösungen für andere Industriebetriebe, die auf dem internationalen Markt vertrieben werden. Das global agierende Unternehmensnetzwerk ist börsennotiert und gehört auf dem internationalen Markt zu den Innovations- und Qualitätsführern. Das gesamte Unternehmen beschäftigt weltweit rund 350.000 Menschen und im Geschäftsjahr 2016/2017 gab es leichte Zuwächse in der Beschäftigung. In Deutschland sind davon allein circa 100.000 Beschäftigte an mehreren Produktionsstandorten tätig. Der untersuchte Betrieb A gehört mit mittleren bis hohen Fertigungsspannen zu den umsatzstarken Produktionsstandorten des Netzwerkes mit einem Umsatz von rund 450 Millionen Euro pro Jahr, wobei das Jahresergebnis (Gewinn nach Steuern) in den letzten zehn Jahren leichten Schwankungen unterlag.

4.1.1.2 *Beschäftigtenstruktur im Produktionsbetrieb A*

Im Untersuchungszeitraum 2017 bis 2021 sind am untersuchten Produktionsstandort (Werk) rund 1.000 Beschäftigte tätig. Vor ca. 20 Jahren gab es tiefe Einschnitte in der Beschäftigtenstruktur und nach vielen Kürzungen hatte der untersuchte Betrieb A teilweise nur noch die Hälfte der Beschäftigung. Die

³⁰ An dieser Stelle möchte ich mich für die Bereitschaft der untersuchten Betriebe bedanken, sich im Transformationsprozess begleitend erforschen zu lassen.

Produkte, die zeitweise als wenig marktfähig galten, wurden angepasst und die als träge geltenden Strukturen modernisiert. Nach einer Phase der Bereinigung und seit einem Wechsel der Werkleitung hat sich das Werk A neu aufgestellt.

In absehbarer Zeit kündigt sich eine Verschiebung der Altersstruktur an, denn die Anzahl der Beschäftigten geht seit einigen Jahren kontinuierlich leicht zurück. Viele Beschäftigte werden in die Altersteilzeit oder Altersrente eintreten und deshalb erwarten die Interessensvertretungen für die nächsten fünf bis zehn Jahre einen weiteren schleichenden Beschäftigungsrückgang ohne einen geplanten Beschäftigungsabbau. Momentan liegt das Durchschnittsalter der Beschäftigten bei über 45 Jahren und rund 150 Beschäftigte würden dann den Betrieb verlassen. In den einzelnen Abteilungen und Funktionsbereichen variiert das jedoch. Zum Beispiel liegt der Altersdurchschnitt in den produktionsnahen Dienstleistungen wie Logistik und Instandhaltung bei rund 42 Jahren; dabei gibt es eine große Spanne, denn die Beschäftigten sind zwischen 25 und 55 Jahre alt. In der direkten Produktion wie der Montage hingegen liegt der Altersdurchschnitt bei rund 50 Jahren.

Nach geschlechtsspezifischen Merkmalen aufgeteilt, sind im untersuchten Betrieb A insgesamt 74 Prozent männliche und 26 Prozent weibliche Beschäftigte tätig. Das entspricht der typischen Verteilung in der Metall- und Elektroindustrie (Baethge und Baethge-Kinsky 2017). In Bereichen der direkten Produktion liegt das Verhältnis von Frauen und Männern in etwa bei 60:40, während die produktionsnahe Dienstleistung wie Instandhaltung und die Logistik im Wareneingang und im Versand ein stark männerdominierter Bereich ist. Ein ähnliches Bild zeigt sich in den Leitungsebenen oberhalb der Teamleiterebene und auch in der Entwicklungsabteilung des Betriebes, dort sind nur ca. fünf bis zehn Prozent Frauen tätig.

Die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten unterscheidet sich in drei Gruppen: An- und Ungelernte, Fachkräfte und Führungskräfte. Knapp die Hälfte der Beschäftigten verfügt nicht über eine 3-jährige Berufsausbildung oder einen IHK-Abschluss. Die Anzahl der Beschäftigten mit Fachschulabschlüssen und Meisterabschlüssen liegt bei rund 4 Prozent. Der Anteil an Beschäftigten mit einem akademischen Abschluss liegt unter 2 Prozent. Der Einstieg in den Beruf unterscheidet sich nach Funktionsbereich. Zum Beispiel zählt die Instandhaltung zur Facharbeit, für die eine mehrjährige Ausbildung erforderlich ist. Zu den typischen Ausbildungsberufen zählen weiterhin die dreijährigen (oft dualen) Berufsausbildungen in Mechatronik oder Elektrotechnik. Die Inhalte der Berufsausbildungen haben Mechanik, Elektrotechnik oder Pneumatik und vermehrt die Programmierung neuer IT-Anwendungen als Schwerpunkt. Ähnlich ist es für Elektroanlagenmonteur*innen oder Industrieelektroniker*innen im Prüffeld. Ganz anders verhält es sich bei Ingenieur*innen und Informatiker*innen. Sie zählen ebenfalls zu den Fachkräften, haben aber in der Regel eine akademische Ausbildung und werden als Spezialisten mit einem besonderen Wissen angesehen. Die Beschäftigten in der Logistik oder in der Montage hingegen zählen überwiegend zu den An- und Ungelernten. Sie verfügen nicht über eine vollständige Berufsausbildung oder über eine fachliche Ausbildung mit einem anderen Schwerpunkt. Den Abschluss haben diese Beschäftigten auch im Verlauf der Beschäftigung nicht nachgeholt. Typisch für den

Berufseinstieg in Bereichen wie Logistik oder Montage ist die Leiharbeit. In der Vergangenheit wurde auf diese Art regelmäßig neues Personal rekrutiert und in Festanstellung übernommen.

Das untersuchte Werk nutzt eine eigene Organisation für die Ausbildung. Seit einigen Jahren werden dort der Bedarf und die Ausrichtung der Ausbildungsberufe intern erfasst. Zum Beispiel wurde für die Logistik ein zweijähriger Ausbildungsgang zur Lagerfachkraft entwickelt. Berufe wie Industriemechaniker*in, Mechatroniker*in und Elektroniker*in werden im Rahmen der dualen Ausbildung bzw. im dualen Studium realisiert. Zunächst erlernen die Auszubildenden theoretische Grundlagen und in praktischen Phasen die betriebspezifischen Anforderungen. Im untersuchten Betrieb beginnen pro Jahr bis zu 15 Auszubildende eine dieser Ausbildungen.

Die überwiegende Anzahl der Beschäftigten befindet sich in Festanstellung, die Beschäftigten haben mit bis zu 37 Jahren eine hohe Betriebszugehörigkeit. Einige Studierende arbeiten mit Werkverträgen in verschiedenen Bereichen des Werkes und saisonal unterstützen Leihkräfte aus Zeitarbeitsfirmen die Beschäftigten in der Fertigung und Logistik. Sie erhalten einen befristeten Arbeitsvertrag für maximal 18 Monate und übernehmen in der Regel Aufgaben in Bereichen der Produktion, die schnell angelehrt werden können. Das können gut ausgebildete Mitarbeiter*innen mit einer einschlägigen Berufsausbildung sein, die vorher in anderen Industrieunternehmen in der Region tätig waren, aber von einem Beschäftigungsabbau betroffen sind. In Bereichen wie der automatisierten Bestückung kommt Leiharbeit aber seltener vor. Wenn doch, sind die Vertragsfristen für längere Zeiträume ausgehandelt.

4.1.1.3 Qualifikations- und Einkommensstruktur im Produktionsbetrieb A

Die Einkommensstruktur der Beschäftigten richtet sich nach der sogenannten ERA-Tabelle, die eine stufenweise Eingruppierung des Entgelts für die Industriearbeit vorgibt. Das dort dargestellte Entgelt setzt sich zusammen aus dem Grundentgelt, dem Leistungsentgelt und der Belastungszulage. Die Einstufung der Beschäftigten richtet sich nach den Anforderungen des jeweiligen Arbeitsplatzes, die in Stellenbeschreibungen verankert sind. Während Mehrarbeit usw. direkt als Entgeltzulage gelten, fließen die Berufserfahrung oder fachliche Weiterentwicklungen der Beschäftigten selten in die Berechnung des Entgelts ein. Beschäftigte ohne Berufsabschluss und Studierende mit Werkverträgen sind der gleichen Klassifizierung des Einkommens zugeordnet, wenn sie die gleichen Tätigkeiten ausführen.

Einige wenige Beschäftigte haben einen Zuwanderungshintergrund. Aufgrund fehlender formaler Anerkennung ihrer Berufe gehören auch sie zur Gruppe der Angelernten und erzielen damit ein geringeres Einkommen. Hinsichtlich des Entgelts sind deutliche Unterschiede zwischen An- und Ungelernten sowie Fach- und Führungskräften auszumachen. Während beispielsweise Beschäftigte in der Logistik trotz zweijähriger Ausbildung und Berufserfahrung in die unteren Entgeltstufen E2 bis E4 eingeordnet sind, erhalten Fach- und Führungskräfte E10 bis E13, weil die Tätigkeiten andere Kompetenzen erfordern. Im mittleren Feld sind Tätigkeiten wie die Maschinen- und Anlagenbetreuung und die Instandhaltung (E5-E7) eingruppiert. Für einige Aufgaben gibt es die Möglichkeit, zusätzliche Entgeltstufen innerhalb der Eingruppierung zu erhalten.

Die Arbeitsorganisation im Werk A ist hierarchisch wie folgt strukturiert: Die Beschäftigten in der direkten Produktion und in den produktionsnahen Dienstleistungen sind in kleine Teams eingeteilt, die in teilautonomer Gruppenarbeit zusammenarbeiten. Die Beschäftigten in den Teams sind oft länger in diesem Bereich tätig und verfügen über ein umfangreiches Erfahrungswissen. Die Teamgröße schwankt in Abhängigkeit von der Komplexität der Arbeitsaufgabe zwischen vier bis fünfzehn Personen. Die Bearbeitung der Aufgaben erfolgt oft nicht im Team, sondern ist arbeitsteilig organisiert.

Teamleitungen organisieren die tägliche Teamarbeit. Sie sind oft keine Meister, wie dies in früheren Studien oft der Fall war, sondern Arbeitskräfte mit einer industriespezifischen Ausbildung wie etwa Maschinen- und Anlagenbediener*in oder Mechatroniker*in; sie sind Teil des Teams und gehören formal nicht zu den Führungskräften, denn sie haben keine disziplinarische Verantwortung. Sie sind vielmehr für die operative Aussteuerung im Arbeitsprozess verantwortlich und koordinieren und motivieren die Teams. Täglich teilen sie zu Beginn der Schicht die Aufträge zu oder passen diese im Tagesverlauf an. Weiterhin sind sie für die Erstellung der Schicht- und Urlaubspläne oder für Überstundenausgleich oder Sicherheitsunterweisungen verantwortlich, die sie am Schreibtisch mit den üblichen PC-Anwendungen (Windows) bearbeiten. Dabei haben die Teamleitungen die Aufgabe, den Teamzusammenhalt zu stärken und auf die Kompetenzentwicklung im Team zu achten, um in der Arbeitsverteilung eine gewisse Flexibilität zu haben. Zweimal im Jahr führen sie Talent- und Feedbackgespräche mit standardisierten Leitfäden durch, um einen möglichen Entwicklungsbedarf zu identifizieren. Der Arbeitsplatz der Teamleitungen befindet sich in unmittelbarer Nähe zu den Teams, so dass sie bei bestimmten Problemen unterstützend einwirken können. Die Teamleitungen sind gut ausgebildet und verfügen über umfangreiche technische Kenntnisse, zum Beispiel an Maschinen und Anlagen, sowie über großes Erfahrungswissen zum Produktionsprozess. Zum Personalbedarf und zu Entwicklungsthemen stimmen sie sich engmaschig mit anderen Teamleitern und dem jeweiligen Gruppenleiter ab. Die Aufgaben der Teamleitungen erfordern nicht nur technisch-fachliche Kompetenzen, sondern auch organisatorische und kommunikative Fähigkeiten, denn Teamleitungen geben in den wöchentlichen Teamrunden regelmäßig Informationen an die Beschäftigten weiter oder Feedbacks, wie die Woche verlaufen ist, ob die Ablieferleistung gut war oder ob es besondere Störungen gab usw. Zusätzlich erarbeiten sie mit dem Team in regelmäßigen Abständen kontinuierliche Verbesserungsprozesse (KVP), bei denen es im Sinne der Lean-Philosophie um die Verschlinkung der Arbeitsprozesse geht. Die Teamleiter sammeln neue Ideen ein und initiieren persönlich oder per Telefon einen Austausch.

Übergestellt sind den Teamleitungen mehrere Leitungsebenen. Zum Beispiel eine Fertigungsleitung, die für das gesamte Fertigungspersonal sowie Abteilungsleitungen und Gruppenleitungen zuständig ist. Die Abteilungsleitung ist in ihrem Funktionsbereich verantwortlich für die Weiterentwicklung der gesamten Abteilung. Das beinhaltet die Kompetenzentwicklung und den fachlichen Austausch zu technischen Themen, die für die gesamte Abteilung relevant sind. Die Gruppenleitungen sind dem Abteilungsleiter unterstellt und haben die disziplinarische Verantwortung für mehrere Teams. Das beinhaltet für rund 70-90 Beschäftigte die Umsetzung der Kompetenzentwicklung und die Beratung mit Teamleitungen zu Personalthemen. Weiterhin koordinieren sie den fachlichen Austausch und kommunizieren viel mit den Teamleitungen und mit dem Abteilungsleiter. Bei größeren Störsituationen wie einem

Maschinenstillstand entscheiden sie ebenfalls zusammen mit den Teamleitungen, wie situativ mit dem Problem umgegangen wird. Alle Führungskräfte arbeiten an einem klassischen Büroarbeitsplatz mit mehr oder weniger Nähe zu den Arbeitsplätzen der Teams.

4.1.1.4 *Arbeitszeitmodelle im Produktionsbetrieb A*

Die Arbeitszeitmodelle sind im untersuchten Werk teilweise flexibilisiert. Der Regelbetrieb in der Produktion ist auf drei Schichten ausgelegt. Für die Beschäftigten im Normalarbeitsverhältnis unterscheiden sich die Arbeitszeitmodelle nach den Funktionsbereichen. In der direkten Produktion und in der Logistik arbeiten die Beschäftigten im 3-Schichtsystem und es gibt kaum Möglichkeiten, in Teilzeit oder in Gleitzeit zu arbeiten. Eine Befreiung von der Schichtarbeit existiert nur in wenigen Ausnahmefällen und ist meist nur mit einer gesundheitlichen Begründung möglich. Für ältere Beschäftigte stehen Modelle für die Altersteilzeit mit Renteneinbußen oder in Ausnahmefällen nur einfache Tagesschichten zur Verfügung. In der Instandhaltung sind es zwei Schichten mit einer regelmäßigen Rufbereitschaft. Die Angestellten und die Führungskräfte arbeiten zu regulären Büroarbeitszeiten in Gleitzeit und ohne Schichtarbeit.

4.1.2 Charakterisierung: Produktionsbetrieb B

Für die Charakterisierung des Produktionsbetriebes B wurden in der explorativen Phase mehrere dokumentierte Werksbegehungen (3) und im Anschluss explorative Interviews mit der Werksleitung und Interessensvertretung des Betriebes (3) geführt sowie explorative Interviews mit Expert*innen (2). Zusätzlich fließen Daten aus Gruppendiskussionen und öffentlich zugängliche Sekundärdaten ein.

4.1.2.1 *Stellung im Unternehmensnetzwerk: Produktionsbetrieb B*

Bei dem ergänzend untersuchten Produktionsbetrieb B handelt es sich um ein Werk, das Teil eines größeren globalen Unternehmensnetzwerkes und als Technologieanbieter seit über 100 Jahren am Markt etabliert ist. Das Unternehmensnetzwerk gehört zu den Marktführern und generiert einen Umsatz von rund 3 Milliarden Euro. Die Umsätze unterscheiden sich im Geschäftsjahr 2018/2019 und 2019/2020 erheblich nach Regionen. Zu den Erzeugnissen gehören verschiedene elektronische Komponenten, die für andere Industriebranchen – wie die Automobil- oder die Eventindustrie – in kleinen Losgrößen hergestellt werden. Aufgrund eines harten Konkurrenzkampfs mit China, Indien und Osteuropa verändert sich die strategische Ausrichtung der Produkte. Hintergrund der strategischen Neuausrichtung sind die Veränderungen am Weltmarkt. Dieser war früher klar überschaubar und bestand aus fünf größeren Wettbewerbern. Inzwischen ist der Markt unübersichtlich und fragmentiert mit 500 Konkurrenten, die entweder zu Marktführern oder zu Startups gehören und sich mit der Herstellung elektronischer Chips, Sensorik- und anderen Elektronikkomponenten auf dem Markt positionieren. Aufgrund der neuen Anforderungen am Weltmarkt haben alle deutschen Standorte des global agierenden Unternehmensnetzwerkes tiefgreifende Veränderungen erlebt. Im Jahr 2016 gab es einen massiven

Beschäftigungsabbau und weltweit wurden rund 25.000 Beschäftigte entlassen. Auch der untersuchte Standort war von der Entlassungswelle betroffen.

In der jüngeren Vergangenheit waren viele Verlagerungen der Produktion in die EU und Abspaltungen von Unternehmensbereichen nach Asien zu beobachten. Außerdem verstärkt ein Verbraucherverhalten, das sich vorwiegend am Preis orientiert, den Preiskampf für das Unternehmensnetzwerk. Inzwischen erholt sich der Betrieb B langsam wieder und durch eine Spezialisierung auf die Fertigung kleinerer Elektrokomponenten wurde der Beschäftigtenabbau etwas abgefedert. Der Schwerpunkt liegt jetzt auf neuen Geschäftsfeldern, die inzwischen rund 70 Prozent der Produktion ausmachen. Die bisher etablierten Erzeugnisse – Zulieferteile für die Automobilindustrie – wurden mit rund 30 Prozent zu einem Nischenprodukt, die das Werk zukünftig nicht mehr produzieren wird. Intern wird die neue Technologie als „Intelligenz in der Entwicklung und Produktion“ gesehen und als entscheidender Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit bewertet.

4.1.2.2 Beschäftigtenstruktur im Produktionsbetrieb B

Die Beschäftigtenstruktur im untersuchten Werk B unterscheidet sich nur marginal von Betrieb A. Rund 800 Beschäftigte verteilen sich im Betrieb B auf die klassischen Bereiche der Fertigung. In der direkten Produktion arbeitet rund die Hälfte der Beschäftigten, der Rest verteilt sich auf produktionsnahe Dienstleistungen und die administrative Verwaltung. Die Altersstruktur in diesem Werk ist mit einem Durchschnittsalter von rund 49 Jahren als hoch einzustufen. Die Beschäftigten haben eine Betriebszugehörigkeit von über 30 Jahren und eine Verschiebung der Altersstruktur durch Renteneintritte kündigt sich auch in diesem Betrieb an. Nach Sozialplan kommt es seit 2008 zu einem kontinuierlichen Abbau der Beschäftigung. Es gibt nur wenige Angebote für ältere Beschäftigte. Die Verteilung nach Geschlecht ist in diesem Werk mit rund 2/3 Anteil an männlichen und rund 1/3 weiblichen Beschäftigten ähnlich wie in Betrieb A.

4.1.2.3 Qualifikations- und Einkommensstruktur im Produktionsbetrieb B

Die Einkommensstruktur im ergänzend untersuchten Betrieb B richtet sich wie im Betrieb A nach den zuvor beschriebenen Entgeltgruppen in der ERA-Tabelle. Die Qualifikationsstruktur im Werk entspricht einer ähnlichen Größenordnung wie den zuvor beschriebenen Strukturen im Betrieb A. An- und Ungelernte arbeiten vorwiegend in der manuellen Montage für die etablierten Erzeugnisse und in der Logistik. Die hierarchische Organisation der Arbeit ist ebenfalls vergleichbar mit der im anfangs beschriebenen Betrieb A. An der Spitze stehen die Abteilungsleiter, darunter folgen die Schichtleiter und danach die Teamleiter. Auf der Ebene der Teamleiter liegen die klassischen Aufgaben zur Koordination der Teams. Es gibt im Bereich der neuen Produkte ausgebildete Fachkräfte. Bislang haben die Fachkräfte am Leitstand nach dem ‚meine-Maschine-Prinzip‘ gearbeitet und waren selbstständig für die Bedienung, Störungsbehebung und Materialversorgung verantwortlich. Im Zuge der Umstrukturierung wurde „in der Facharbeit vieles weggenommen und es gibt viele Häuptlinge und wenige Indianer“ (Betrieb B, explorativer Werksbesuch und Diskussionsrunde mit Expert*innen, Pos. 90). Die Betriebsräte betonen,

dass nicht genügend qualifizierte Beschäftigte für die Software-Entwicklung am Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen und teilweise abgeworben werden. Am Standort gibt es ebenso Auszubildende in der dualen Berufsausbildung und einige Studierende im dualen Studium.

4.1.2.4 *Arbeitszeitmodelle im Produktionsbetrieb B*

Die Arbeitszeitmodelle entsprechen den vorher beschriebenen des vertieft untersuchten Fallbetriebes. Die Produktion arbeitet in drei Schichten und die Fach- und Führungskräfte arbeiten in weniger bis gar keiner Schichtarbeit.

4.1.3 Charakterisierung: Produktionsbetrieb C

Für die Charakterisierung des ergänzend untersuchten Produktionsbetriebes C wurden in der explorativen Phase dokumentierte Werksbegehungen (1) und explorative Interviews mit der Interessensvertretung des Betriebes und der Werksleitung (1) durchgeführt. Außerdem wurden Expert*innen (4) interviewt. Ergänzend fließen öffentlich zugängliche Sekundärdaten ein.

4.1.3.1 *Stellung im Unternehmensnetzwerk: Produktionsbetrieb C*

Bei dem untersuchten Produktionsbetrieb C handelt es sich ebenfalls um ein Werk, das in ein weltweites Unternehmensnetzwerk eingebunden ist und seit über 100 Jahren am Markt ist. Das weltweit agierende Unternehmensnetzwerk gilt als Innovationsführer mit einer gefestigten Marktstellung und hat viele Niederlassungen in Europa und in Asien. Anders als Betrieb A und B befindet sich der Hauptsitz des Unternehmens in Nordamerika, was dazu führt, dass der untersuchte Betrieb formal den US-amerikanischen Regelungen unterstellt ist. Wie andere Standorte des Konzerns kooperiert auch der untersuchte Betrieb regelmäßig mit verschiedenen Standorten weltweit. Unterschiedliche Vorstellungen und unterschiedliche gesetzliche Regelungen hinsichtlich der Mitbestimmung und der Anforderungen an die Umsetzung von Technologiekonzepten erschweren aus Sicht der Befragten die Kooperation zwischen den deutschen und amerikanischen oder weiteren Standorten in Osteuropa oder Asien.

Nach einer umfassenden Restrukturierung in den 1990er Jahren verteilt sich die Produktion auf sogenannte Komponentenfabriken und Systemfabriken, die weltweit verteilt sind. Das untersuchte Werk gehört zur Kategorie der Komponentenfabriken. Die Produktion elektronischer Einzelkomponenten – wie etwa elektronische Steuerungssysteme, elektronische Leiterkarten und Controller – ist vergleichbar mit der Produktion in den untersuchten Betriebe A und B. Der Unterschied besteht darin, dass nach der Erstellung der Einzelkomponenten eine Lieferung an Systemfabriken erfolgt, die alle Komponenten zu einem größeren System zusammenfügen und die Komponenten am Ende durch Beschäftigte in der Außenmontage zu größeren elektronischen Steuerungssystemen zusammengefügt werden. Das bedeutet, dass nach der Erstellung der Komponenten Monteur*innen im Außendienst zu Großkunden fahren und die Systeme einbauen. Die Außenmontage beinhaltet die technische Verdrahtung und den Testbetrieb vor Ort. Je nach Größe und Komplexität kann dieser Prozess bis zu zwei Wochen dauern oder bei

weniger komplexen Verfahren auch nur wenige Tage. Bestimmte Standardkomponenten oder mechanische Teile, die für das Gesamtsystem erforderlich sind, werden in größeren Mengen von Partnerunternehmen in osteuropäischen Ländern wie Tschechien, Polen und Ungarn gefertigt. Die Beschäftigung weltweit liegt bei ca. 70.000 und am untersuchten Standort sind ca. 1500 Beschäftigte tätig. Die Beschäftigten am untersuchten Standort arbeiten etwa direkt mit dem Standort in Ungarn zusammen und richten dort die Anlagen ein oder unterstützen vor Ort neue Entwicklungen. Das wiederholt sich jährlich entweder bei jedem neuen Produkt, das zum Standard wird, oder bei neuen Teilereihen und Entwicklungen der Leiterkarten, die mit neuen Komponenten bestückt werden. Allein in der Außenmontage arbeiten jeweils rund 120 Beschäftigte an mehreren regionalen Standorten (Niederlassungen). Die Beschäftigten bleiben als Expert*innen so lange vor Ort, bis die erste Produktion angelaufen ist. Dann wechseln sie an andere Standorte.

4.1.3.2 *Beschäftigtenstruktur im Produktionsbetrieb C*

Die Beschäftigtenstruktur weicht von den vorher beschriebenen Betrieben in folgender Hinsicht ab. In ganz Deutschland sind für das gesamte Unternehmen circa 1.200 Beschäftigte tätig. An den regionalen Standorten ist die Beschäftigungsstruktur mit kleineren und mittelständischen Unternehmen vergleichbar. Auch die Arbeit ist wie in Kleinbetrieben organisiert, bspw. sind die Hierarchien in der Produktion flacher als im Betrieb A und B. Seit der größeren Umstrukturierung in den 1990er Jahren arbeiten mehr Angestellte im administrativen Bereich als Beschäftigte in der Produktion, da am Standort kaum noch komplette Systeme gefertigt werden und die Produktion in Länder mit geringeren Lohnkosten verlagert wurde.

Im Werk C beträgt der Altersdurchschnitt bei den Beschäftigten rund 48 Jahre. Das Alter der Beschäftigten unterscheidet sich von Niederlassung zu Niederlassung oder nach Arbeitsgebiet teilweise erheblich. Bei den Ingenieuren liegt das Durchschnittsalter durch die letzten Neueinstellungen bspw. wieder unter 48 Jahren, aber in der direkten Produktion liegt es mittlerweile bei 54 Jahren. Die durchschnittliche Betriebszugehörigkeit liegt bei rund 25 Jahren. Die Ausbildungszahlen sind im untersuchten Werk gering und es gibt einen Fachkräftemangel. Pro Ausbildungsjahr beginnen im Durchschnitt vier Personen, die nach der Ausbildung alle übernommen werden, da momentan aufgrund des hohen Alters viele ausscheiden und seit geraumer Zeit Fachkräftemangel besteht. Im untersuchten Werk C ist die Verteilung nach Geschlecht und Einkommen vergleichbar mit den vorher beschriebenen Werken A und B.

4.1.3.3 *Qualifikations- und Einkommensstruktur im Produktionsbetrieb C*

Am untersuchten Standort erfolgt die Fertigung der elektronischen Leiterplatten noch mit hochautomatisierten Maschinen (SMD), die den Beschäftigten eine hohe Taktung im Arbeitsprozess vorgeben. Diese Maschinen und Anlagen für die Bestückung von Leiterplatten werden eher von Fachkräften bedient und programmiert als von An- und Ungelernten. Im Prüffeld arbeiten circa 25 bis 35 Fachkräfte. Dabei handelt es sich oft um Elektroanlagenmonteur*innen oder

Industrieelektroniker*innen, die am Standort mit einer eigens entwickelten Ausbildung qualifiziert wurden. Sie testen die elektrischen Funktionen der gefertigten Komponenten, suchen Fehler und reparieren beschädigte Leiterkarten. Zeitweise werden Engpässe beim Personal mit befristet beschäftigten Fachkräften (z. B. Mechatronik) abgedeckt. In der administrativen Verwaltung vor Ort arbeiten Angestellte, die für die gesamte Organisation der Außeneinsätze verantwortlich sind. Dazu gehören die Verwaltungsteile wie die Beschaffungs- und die Finanzierungsabteilungen, aber auch die organisatorische Abwicklung von Wartungsverträgen mit den Außenmonteuren. Seit der Restrukturierung im Jahr 2000 werden am untersuchten Standort Pilotprojekte, Prototypen und Pre-Serien von Fachkräften der eigenen Entwicklungsabteilung entwickelt. Die circa 100 Ingenieur*innen arbeiten weltweit mit sechs weiteren großen Entwicklungszentren zusammen. In den letzten zwei Jahren ist die Abteilung angewachsen und 20 neue Ingenieure wurden für ein weltweites Prestigeprojekt eingestellt.

Die Arbeitsorganisation im Werk C ist vergleichbar mit denen der anderen untersuchten Betriebe. Eine Besonderheit dieses Betriebes ist die Außenmontage, die durch eine selbstorganisierte Gruppenarbeit mit einer hohen Verantwortung für den eigenen Arbeitsprozess gekennzeichnet ist. Pro Monat bearbeiten die Fachkräfte circa 120 Aufträge für Anlagen und Systeme. Auf festgelegten Routen fährt ein Monteur bspw. zur Wartung oder zur Entstörung an die Standorte, an denen die Systeme verbaut sind. Störungen treten ungeplant auf und unterbrechen die Arbeitsorganisation. Für die geplanten Aufgaben gibt es standardisierte Vorgabezeiten, die regelmäßig aktualisiert werden. Es gibt nur zwei Meister, die schnell reagieren müssen, wenn sich Aufträge verschieben, und jeder Monteur organisiert seine Aufträge selbst.

4.1.3.4 Arbeitszeitmodelle im Produktionsbetrieb C

Die Arbeitszeitmodelle im Werk sind flexibel. Die Beschäftigten in der Fertigung arbeiten in drei Schichten. Einige Beschäftigte bevorzugen Nachtschichten, da sie das als wesentlich stressfreier erleben und die Zulagen zur Vergütung der Nachtschicht ein zusätzlicher Anreiz sind. Allerdings ist bekannt, dass nachts die Konzentration schlechter ist und Nachtschichten sich über die Jahre gesundheitsschädlich auswirken. Außerdem wurde die Gleitzeit eingeführt, die aber nicht von allen Beschäftigten gleichermaßen genutzt werden kann, denn Beschäftigte im Schichtsystem haben andere Rahmenbedingungen für Gleitzeit als Angestellte. Zum Beispiel können Angestellte durch die ausgedehnte Rahmenzeit von 6 bis 20 Uhr ein Überstundenkontingent von 2,5 Stunden aufbauen, während ein Beschäftigter im Schichtsystem der Fertigung maximal 30 Minuten am Tag aufbauen darf. Weiterhin gibt es Bestrebungen, mobiles Arbeiten für Beschäftigte freizugeben. Die Arbeitszeit beim mobilen Arbeiten ist bspw. begrenzt auf einen Tag pro Woche. Diese Möglichkeit haben vor allem Angestellte und Führungskräfte, auch wenn sie einen stationären PC in ihrem Büro vor Ort haben. Allerdings ist die Geschäftsführung nicht an einer durchgängigen Ausstattung mit einem Laptop bei allen Beschäftigten interessiert. Zu allen Arbeitszeitregelungen gibt es eine Betriebsvereinbarung.

4.1.4 Charakterisierung: Produktionsbetrieb D

Für die Charakterisierung des Produktionsbetriebes D wurden in der explorativen Phase dokumentierte Werksbegehungen (1) und explorative Interviews mit der Interessensvertretung des Betriebes und der Werksleitung (1) sowie mit Expert*innen (2) durchgeführt. Ergänzend fließen öffentlich zugängliche Sekundärdaten ein.

4.1.4.1 *Stellung im Unternehmensnetzwerk: Produktionsbetrieb D*

Der untersuchte Produktionsbetrieb D ist Teil eines globalen Produktionsnetzwerkes mit über 150 Standorten. Im Gegensatz zu den anderen untersuchten Werken ist dieses Werk ein Familienunternehmen, das seit ca. 100 Jahren auf dem Markt ist. Weltweit arbeiten rund 20.000 Beschäftigte in diesem Unternehmen. Im Geschäftsjahr 2019/2020 lag der Umsatz des Unternehmens bei circa 3 Milliarden Euro. Der Konzernvorstand kommt mittlerweile nicht mehr aus der Familie, aber die Verankerung an einem deutschen Standort wirkt sich weiterhin auf die familiäre Unternehmenskultur aus. In Deutschland hat das Unternehmen drei Produktionsstandorte, die durch ein weltweites Vertriebsnetz mit mehr als 60 weiteren Standorten verbunden sind. Großen Wert legt der Konzernvorstand auf eine verantwortungsbewusste Beschäftigtenentwicklung auch an deutschen Standorten. Es gibt aber auch Expansionen zum Beispiel nach China. Das unterstützen die Akteure des untersuchten Betriebes unter der Bedingung, dass sich dies nicht negativ auf die Beschäftigtenentwicklung an deutschen Standorten auswirkt. Zu den Erzeugnissen des Unternehmens gehören Automatisierungslösungen für andere Industriesektoren wie die Automobil- und Elektroindustrie, Holz- und Textilindustrie sowie die Kosmetik- und Pharmaindustrie etc. Das untersuchte Werk hat sich auf die Produktion für Antriebe spezialisiert.

4.1.4.2 *Beschäftigtenstruktur im Betrieb D*

Die Beschäftigtenstruktur im Produktionsbetrieb D weicht mit rund 2.700 Beschäftigten von den vorherigen ab. In der hochautomatisierten Zerspanung³¹ arbeiten allein circa 1000 Beschäftigte. Die Arbeitsanforderungen sind aufgrund der großen Produktvielfalt sehr hoch, daher sind viele Fachkräfte dort tätig. Die Fachkräfte haben eine Berufsausbildung bspw. als Zerspanungstechniker*in oder Maschineneinrichter*in. Die Kenntnisse erwerben die Beschäftigten hauptsächlich in der Ausbildung und später in externen Weiterbildungen oder in speziell entwickelten internen Schulungen. In der Montage arbeiten ebenfalls circa 1000 Beschäftigte, die durch kurze Taktzeiten entsprechend hohe Arbeitsanforderungen haben. Diese Tätigkeiten werden von formal gering qualifizierten Beschäftigten ausgeführt. Manuelle Tätigkeiten wie das Einlegen von Teilen oder Komponenten gibt es kaum noch, weil zumeist Roboter oder andere Automatisierungslösungen diese Aufgaben erledigen. Weiterhin verteilen sich in den produktionsnahen Dienstleistungen rund 550 Beschäftigte auf die Logistik, rund

³¹Anmerkung: In der Metall- und Elektroindustrie ist die Zerspanung eine übergeordnete Kategorie für Fertigungsverfahren zur Herstellung von Werkstücken. Dazu gehören Fräsen, Drehen oder Schleifen. In den Werken werden neben manuellen Arbeitsprozessen bspw. automatisierte CNC-Fräsen in der Serienfertigung eingesetzt.

150 Beschäftigte auf die Instandhaltung sowie rund 150 Beschäftigte auf den administrativen Betriebsmittelbau wie Einkauf, Buchhaltung etc. In den letzten Jahren hat hier die Beschäftigung leicht zugenommen.

Die Verteilung nach Geschlecht unterscheidet sich im Wesentlichen nicht von der dargestellten Struktur der anderen Betriebsfallstudien. Vergleichbar ist auch das recht hohe Durchschnittsalter von rund 47 Jahren mit einer hohen Betriebszugehörigkeit von ca. 30 Jahren.

4.1.4.3 Qualifikations- und Einkommensstruktur im Produktionsbetrieb D

Die Qualifikations- und Einkommensstruktur im Produktionsbetrieb D ähnelt der Struktur in den anderen vorgestellten Betrieben (A-C). In der Montage und in der Logistik arbeiten vorwiegend An- und Ungelernte mit unbefristeten Verträgen. Die Beschäftigten verfügen nicht über eine vollständige Berufsausbildung oder haben ihren Abschluss nicht nachgeholt. Die Kenntnisse für die Maschinen- und Anlagenbedienung haben sie in internen Schulungen erworben und die meisten sind in den unteren Gehaltsgruppen (ERA: E1 bis E4) eingestellt. Einige haben sich ohne eine spezielle Ausbildung aufgrund ihrer Erfahrung und durch Weiterbildungen eine höhere Position erarbeitet. Saisonal unterstützen circa 150 Leihkräfte mit befristeten Verträgen die Montage. Das können unter Umständen gut ausgebildete Personen sein oder auch Personen mit einer einschlägigen Berufsausbildung, die vom Beschäftigungsabbau in anderen Industrieunternehmen betroffen sind.

Eine Besonderheit des untersuchten Unternehmens ist die Spezialisierung auf die technische Aus- und Weiterbildung für Industrieunternehmen. Weltweit gibt es zahlreiche Bildungseinrichtungen, die darauf ausgelegt sind, die Beschäftigungsfähigkeit langfristig und kontinuierlich zu fördern. Verschiedene Formate für Kinder und Jugendliche sollen überdies die Experimentierfreude und das Interesse für technische Berufe stärken. Die Berufsausbildung und die akademische Bildung sind ebenfalls darauf ausgelegt, im Rahmen des proaktiven Fachkräfteaufbaus technischen Nachwuchswie Mechatroniker*innen oder Elektrotechniker*innen zu fördern. Die Weiterbildung besteht aus praxisnahen Trainings in Teams und digitalen Formaten, die zeit- und ortsunabhängig genutzt werden können. Das untersuchte Werk hat eine eigene Organisation für die Aus- und Weiterbildung, die als GmbH organisiert ist. Jedes Jahr bildet das Werk circa 35 bis 40 Auszubildende aus. Die dominanten Ausbildungsberufe sind Industriemechaniker*in, Zerspaner*in und Mechatroniker*in. Nach dem Abschluss der Ausbildung wird darauf geachtet, dass die Auszubildenden in adäquaten Berufen arbeiten, wie etwa als Anlagenführer*in oder Instandhalter*in. Mit zunehmender Automatisierung erwarten die Befragten einen wachsenden Bedarf an ausgebildeten Elektroniker*innen. Im Werk haben etwa 80 bis 100 Personen eine Ausbildung als Techniker*in oder/und Meister*in, die bisher (noch) nicht als solche arbeiten und aus Sicht der Interessensvertretung möglicherweise zukünftig zur Verfügung stehen.

4.1.4.4 Arbeitszeitmodelle im Produktionsbetrieb D

Die festangestellten Beschäftigten arbeiten überwiegend in drei Schichten. Anders als in den anderen Betrieben gibt es für ältere Beschäftigte die Möglichkeit, ab dem Alter von 55 Jahren zur einfachen Tagesschicht (bspw. zur Frühschicht) zu wechseln. Mittlerweile haben aber zu viele Beschäftigte diese Altersgrenze erreicht, was diese Regelung zeitweise ins Schwanken bringt. Planerisch ist die Kapazität noch auf einen Zweischichtbetrieb ausgelegt, aber die Betriebsräte rechnen mit steigender Automatisierung auch mit einem ansteigenden Bedarf an Dreischicht-Systemen. Die Anlagen sind kostenintensiv, es wird eine volle Auslastung angestrebt und mehr Flexibilität im Personaleinsatz. Die Arbeitszeitmodelle weichen von den bisherigen Werken etwas ab. Eine Flexibilisierung der Arbeitszeiten wurde eingeführt und es gibt die Möglichkeit, in Teilzeit zu arbeiten. Das nehmen circa 12 Prozent der Beschäftigten in Anspruch. Zudem existieren Arbeitszeitkonten, die sich nach Ansicht des befragten Betriebsrates positiv auf die Entwicklung des Werkes und die Beschäftigung auswirken.

4.1.5 Zwischenfazit zur Charakterisierung der untersuchten Betriebe

Besonders in der explorativen Phase dieser Studie ging es darum, die spezifischen Merkmale der untersuchten Fallbetriebe herauszuarbeiten. Angesichts der nachgezeichneten Merkmale ist deutlich geworden, dass es sich überwiegend um vergleichbare Betriebe mit ähnlichen Größen und Entwicklungen handelt, was einen Fallvergleich nach dem Prinzip der Ähnlichkeit ermöglicht.

Alle untersuchten Betriebe sind in globale Unternehmensnetzwerke eingebunden und die global agierenden Unternehmensnetzwerke gelten in ihrem Segment als spezialisierte Technologieanbieter. Alle vier untersuchten Unternehmensnetzwerke haben ihren Ursprung am Wirtschaftsstandort Deutschland und sich im Verlauf von über 100 Jahren ihre Vorreiterrolle auf internationalen Märkten mit der Herstellung technischer Erzeugnisse für andere Industriesektoren erarbeitet.

Unterschiede bestehen zwischen den Betrieben im Hinblick auf den Stammsitz und die Standortmerkmale. Während die Betriebe A und B trotz der zunehmend globalen Ausdehnung ihre Stammsitze weiterhin in Deutschland haben und mehrere deutsche Produktionsstandorte, befindet sich der Hauptsitz des Unternehmensnetzwerkes von Betrieb C in Nordamerika mit Niederlassungen in Europa und in Asien. Im Gegensatz dazu ist das Werk D ein traditionsreiches Familienunternehmen mit nur wenigen Produktionsstandorten, aber vielen Vertriebsniederlassungen. Weitere Unterschiede bestehen in den Fertigungsspannen der Betriebe. So hat Betrieb A hohe Fertigungsspannen und die Betriebe B und C haben eher kleinere Losgrößen.

Alle Unternehmensnetzwerke, denen die vier Betriebe angehören, haben seit den 1990er Jahren die Wertschöpfungsketten umfassend restrukturiert und Erfahrungen mit Verlagerungen der Produktion gemacht. In Betrieb A hatte dies eine Phase der Bereinigung zu Folge, die mit tiefen Einschnitten in die Beschäftigtenstruktur und einer Anpassung der starren Strukturen und Produkte einhergingen. Wie im Betrieb A veränderte sich auch im Betrieb B die strategische Ausrichtung der Produkte aufgrund eines

harten Konkurrenzkampfs mit China, Indien und Osteuropa und einer veränderten Wettbewerberlage. Alle deutschen Standorte des Unternehmensnetzwerkes erlebten bisher tiefgreifende Veränderungen aufgrund der Entwicklungen an Märkten, die einen massiven Beschäftigungsabbau zur Folge hatten. Insbesondere die Betriebe A und B hatten hier tiefliegende Erfahrungen und die Lage spitzte sich für Betrieb B auch in der jüngeren Vergangenheit zu, da es erneut Verlagerungen der Produktion in die EU und nach Asien gab. Anders als Betrieb A erholte sich der Betrieb B erst zu Beginn der Studie nur langsam wieder und stellt sich strategisch neu auf. Auch in Betrieb C kam es für größere Produktionsmengen zu einer Verlagerung der Produktion in osteuropäische Länder wie Tschechien, Polen und Ungarn. Am wenigsten von solchen Einschnitten betroffen war der Betrieb D. Es gibt zwar auch Expansionen zum Beispiel nach China, was die Akteure des untersuchten Betriebes nur unter der Bedingung zulassen, dass sich dies nicht negativ auf die Beschäftigungsentwicklung an deutschen Standorten auswirkt.

Die weltweite Verteilung der Beschäftigten in den vier Unternehmensnetzwerken, denen die untersuchten Betriebe angehören, unterscheidet sich erheblich, wie die folgende Abbildung 9 zeigt:

	Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C	Betrieb D
Weltweit	Rund 350.000 Beschäftigte	Rund 25.000 Beschäftigte	Rund 70.000 Beschäftigte	Rund 20.000 Beschäftigte
Untersucher Standort	Rund 1000 Beschäftigte	Rund 800 Beschäftigte	Rund 1500 Beschäftigte	Rund 3000 Beschäftigte

Abbildung 9: Beschäftigungsverteilung der untersuchten Betriebe (A-D)

In den untersuchten Betrieben ist eine Aufteilung nach geschlechtsspezifischen Merkmalen mit ca. 75 Prozent männlichen und 25 Prozent weiblichen Beschäftigten feststellbar, die der typischen Verteilung in der Metall- und Elektroindustrie entspricht (Baethge und Baethge-Kinsky 2017). Durchschnittlich sind in allen Betrieben rund 10 Prozent der weiblichen Beschäftigten in einer Leitungsfunktion.

In allen vier untersuchten Betrieben ist eine alternde Belegschaft erkennbar. Das Durchschnittsalter der Beschäftigten in allen vier untersuchten Betrieben liegt zwischen 45 und 50 Jahren. Besonders hoch ist der Altersdurchschnitt mit rund 50 Jahren in der direkten Produktion. In allen vier Betrieben kündigen sich seit über zehn Jahren Verschiebungen im Hinblick auf die Altersstruktur an und in den nächsten Jahren ist mit einem schleichenden Beschäftigungsrückgang nach Sozialplan zu rechnen. In allen untersuchten Betrieben ist eine hohe Betriebszugehörigkeit mit durchschnittlich 35 bis 40 Jahren zu verzeichnen. Aufgrund der langen Betriebszugehörigkeit verfügen die meisten Beschäftigten über ein umfangreiches Erfahrungswissen, das aber monetär nicht anerkannt ist. Ältere Beschäftigte haben in allen Betrieben die Möglichkeit, eine Altersteilzeit in Anspruch nehmen (mit Renteneinbußen). Die befragten Betriebsräte der vier Betriebe berichten, dass sich inzwischen der allgemeine Fachkräftemangel in der Industrie stärker bemerkbar macht.

Die überwiegende Anzahl der Beschäftigten in den untersuchten Betrieben arbeitet im Normalarbeitsverhältnis. Saisonale Leihkräfte mit befristeten Verträgen unterstützen insbesondere Bereiche, in denen An- und Ungelernte tätig sind, wie etwa in der Logistik und in der Fertigung. Eine Ausnahme bildet hier der Betrieb C, der zeitweise Engpässe mit befristet beschäftigten Fachkräften abdeckt. Zusätzlich kommen vermehrt Studierende mit befristeten Arbeitsverträgen in die Werke, insbesondere im Entwicklungsbereich, aber auch in Bereiche, in denen sonst vorwiegend An- und Ungelernte tätig sind.

In allen Betrieben sind formal gering qualifizierte Beschäftigte (An- und Ungelernte) mit unbefristeten Verträgen tätig, von denen rund die Hälfte in der direkten Produktion arbeitet. Die Beschäftigten verfügen entweder nicht über eine 3-jährige Berufsausbildung oder einen IHK-Abschluss oder aber sie haben eine fachfremde Ausbildung bzw. Berufserfahrung und kommen über Leiharbeit in die Betriebe. Typische Merkmale der Arbeit bei formal gering qualifizierten Beschäftigten sind kurze Taktzeiten und manuelle Tätigkeiten. Eingruppiert sind diese Tätigkeiten in den unteren Gehaltsgruppen (ERA E1 bis E4). Die andere Hälfte der Beschäftigten verteilt sich auf Fachkräfte und Führungskräfte, die in der administrativen Verwaltung tätig sind. Die Anzahl der Beschäftigten mit akademischen Abschlüssen oder Meisterabschlüssen liegt im Durchschnitt bei rund 5 Prozent. Das sind oft Ingenieur*innen und Informatikern*innen, die intern als Spezialisten mit einem besonderen Wissen angesehen werden. Die Einkommensstrukturen sind in allen vier untersuchten Betrieben vergleichbar. Sie sind an die tarifliche Eingruppierung für die Industrie gebunden, die sich in erster Linie an den Anforderungen der jeweiligen Stellenbeschreibung orientiert. Hier zeigte sich insbesondere der starke Zusammenhang zwischen der formalen Anerkennung der Berufe und dem erzielten Einkommen. Die Unterschiede der Entgelteingruppierungen zwischen An- und Ungelernten sowie Fach- und Führungskräften sind über verschiedene Kompetenzanforderungen legitimiert.

Die Ausbildungszahlen unterscheiden sich pro Jahr in den vier untersuchten Werken stark. Während im Werk A zum Beispiel pro Jahr bis zu 15 Auszubildende eine Ausbildung beginnen, bildet Betrieb D jährlich circa 35 bis 40 Auszubildende aus. Die vier Betriebe haben jeweils eine eigene Organisation für die Aus- und Weiterbildung, die speziell auf den Bedarf im Unternehmen zugeschnitten ist. Typischerweise handelt es sich um duale Ausbildungen oder duale Studiengänge für Industriemechaniker*innen, Mechatroniker*innen und Elektroniker*innen oder Zerspaner*innen. In allen Betrieben wird darauf geachtet, dass nach dem Abschluss der Ausbildung eine adäquate Anschlussstelle gefunden wird. Neu ist in beiden Betrieben die zweijährige duale Ausbildung zur Fachkraft für Lagerlogistik, die von Beschäftigten als Chance zur Weiterentwicklung angenommen wurde. Besonders hervorzuheben ist Betrieb D, der weltweit zahlreiche Bildungseinrichtungen initialisiert hat, um die Beschäftigungsfähigkeit langfristig und kontinuierlich über den Lebensverlauf zu fördern. Die Initiative ist darauf ausgelegt, technischen Nachwuchs wie Mechatroniker*innen oder Elektrotechniker*innen verstärkt im Rahmen des proaktiven Fachkräfteaufbaus zu fördern. Es zeichnet sich in allen Betrieben ab, dass für die Software-Entwicklung nicht genügend qualifizierte Beschäftigte am Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen und ein enormer Bedarf an Fachkräften mit Programmierwissen besteht.

Die Arbeitsorganisation in allen vier Werken ist in hierarchischer Hinsicht vergleichbar. Besonders Betrieb A und B ähneln sich stark. In den Funktionsbereichen der Betriebe leiten Abteilungsleiter und Gruppenleiter die Großteams mit bis zu 100 Beschäftigten und sind für abteilungsspezifische Entwicklungen und übergreifenden Fachaustausch zuständig. Die Gruppenleitungen sind dem Abteilungsleiter unterstellt und haben disziplinarische Verantwortung wie die Kompetenzentwicklung. In den letzten Jahren hat sich vermehrt in allen Betrieben teilautonome Gruppenarbeit durchgesetzt. Auch die Beschäftigten in der direkten Produktion und in den produktionsnahen Dienstleistungen arbeiten in kleinen Gruppen, wobei die Bearbeitung der Aufgaben arbeitsteilig organisiert ist, die Zuordnung zur Aufgabe jedoch überwiegend selbstbestimmt durch die Beschäftigten erfolgt. Die Größe der Gruppe schwankt in den Betrieben in Abhängigkeit von der Komplexität der Arbeitsaufgabe zwischen vier bis fünfzehn Personen. Teamleitungen steuern die Arbeitsprozesse operativ aus, aber haben keine disziplinarische Verantwortung. Sie haben oft keinen Meisterbrief mehr, sondern sind Arbeitskräfte mit einer industriespezifischen Ausbildung. Eine Besonderheit in Betrieb C ist die industrielle Außenmontage. Fachkräfte arbeiten in Gruppenarbeit mit einem hohen Grad an Selbstbestimmung und Verantwortung für den eigenen Arbeitsprozess. Das heißt, jeder Monteur organisiert seine Aufträge selbst und plant den Serviceeinsatz.

Die Arbeitszeitmodelle in den vier untersuchten Werken ähneln sich stark und zu allen Arbeitszeitregelungen gibt es eine Betriebsvereinbarung. Die Unterschiede bestehen aber im Hinblick auf die einzelnen Funktionsbereiche und die Position im Betrieb. In der direkten Produktion arbeiten die Beschäftigten in drei Schichten und es gibt für diese Beschäftigtengruppe kaum Möglichkeiten, in Teilzeit oder in Gleitzeit zu arbeiten. Befreiungen von der Schichtarbeit sind oft nur aus gesundheitlicher Sicht begründet. In produktionsnahen Dienstleistungen wie der Instandhaltung oder Außenmontage (Betrieb C) arbeiten Beschäftigte nicht in drei Schichten und haben eher flexibilisierte Arbeitszeiten. Führungskräfte, Verwaltungsangestellte und akademisch Ausgebildete arbeiten zu regulären Büroarbeitszeiten in Gleitzeit und ohne Schichtarbeit. Lediglich Betrieb C weicht etwas vom üblichen Schema ab. Spezielle Arbeitszeitregelungen hat Betrieb D für ältere Beschäftigte, die ab dem Alter von 55 Jahren die Möglichkeit haben, zur einfachen Tagesschicht (bspw. zur Frühschicht) zu wechseln. Bestrebungen für mobiles Arbeiten sind in allen Betrieben erkennbar, wobei die Regelungen höchst unterschiedlich ausgelegt sind und vor allem Angestellte und Führungskräfte davon profitieren. Außerdem gibt es die Möglichkeit für Beschäftigte in Betrieb D, mit Arbeitszeitkonten die Arbeitszeiten flexibler auf Bedürfnisse der Beschäftigten anzupassen oder selbst in der Produktion auch in Teilzeit zu arbeiten.

4.2 Vertieft untersuchte Funktionsbereiche im Betrieb A

Die Untersuchung im Produktionsbetrieb A wurde als qualitative Tiefenfallstudie konzipiert. In diesem Rahmen waren vertiefte Untersuchungen der zentralen Funktionsbereiche möglich, die im Folgenden ausführlich als Portraits beschrieben sind. In diesen Portraits steht die Analyse der Arbeitsorganisation, der Arbeitsprozesse sowie der Einführung spezifischer Technologien im Vordergrund. Die ersten beiden

Portraits beziehen sich auf die Arbeit in der direkten Produktion und sind als *Arbeit in der Bestückung* und als *Arbeit in der Montage* jeweils separat beschrieben, um die spezifischen Technologien und die Dynamiken im Arbeitsprozess systematisch zu analysieren. Im Anschluss daran folgen zwei Portraits der produktionsnahen Dienstleistungen, die als *Arbeit in der Instandhaltung* und als *Arbeit in der Logistikabteilung* aufbereitet sind. Abschließend sind die wesentlichen Punkte zur Einführung neuer Technologien in den Abteilungen und die Auswirkungen auf die Qualifikationsanforderungen im Fallbetrieb A zusammengefasst.

4.2.1 Portrait 1: Arbeit in der Bestückung

Die Arbeit in der Bestückung ist der direkten Produktion zugeordnet und daher ein zentraler Teilbereich der Fertigung. Die Aufgabe in der Bestückung besteht darin, Leiterplatten und verschiedene elektronische Bauteile miteinander zu verlöten. Bis in die 1980er Jahre haben Beschäftigte die Bestückung der Leiterplatten vollständig manuell und ohne technische Unterstützung ausgeführt, indem sie die Drähte der elektronischen Bauteile auf eine entsprechend gebohrte Leiterplatte gesteckt und sie im Anschluss händisch verlötet haben. In technischer Hinsicht haben sich inzwischen zwei verschiedene Verfahrensweisen durchgesetzt: (a) die Bestückung mit THT-Verfahren und (b) die Bestückung mit SMT-Verfahren.³² Die beiden technischen Verfahrensweisen ziehen verschiedene Arbeitsprozesse und verschiedene Anforderungen an die Beschäftigten nach sich.

4.2.1.1 Arbeitsorganisation in der Bestückung

Die Arbeit in der Bestückung ist im gesamten Produktionsprozess eine der ersten Aufgaben und unterscheidet sich im Hinblick auf die technischen Verfahren in die THT-Bestückung, die als *Inselfertigung* organisiert ist, und die SMT-Bestückung, die als *Fließfertigung* organisiert ist. Die überwiegende Anzahl der Beschäftigten in der manuellen und in der THT-Bestückung sind Angelernte ohne eine formale Qualifikation für diese Tätigkeit; in der SMT-Bestückung sind es technisch ausgebildete Fachkräfte. In beiden Bereichen arbeiten die Beschäftigten seit längerem in der Bestückung. Die Beschäftigten arbeiten in kleinen Teams zusammen. Die Teams bestehen aus ca. acht Personen pro Schicht. In den Abteilungen der Bestückung arbeiten die Beschäftigten in drei Schichten. Der Altersdurchschnitt liegt in der Abteilung bei ca. 40 Jahren und das geschlechtsspezifische Verhältnis liegt bei 60 Prozent männlichen zu 40 Prozent weiblichen Arbeitskräften.

Die Bestückungsabteilung im Betrieb A ist arbeitsteilig und hierarchisch organisiert, wobei sich die Zusammenarbeit im Team im Detail unterscheidet. In der THT-Bestückung organisieren sich die Teams mit der Teamleitung zu Schichtbeginn und bearbeiten dann relativ autark ihre Aufgaben. In der

³² SMT steht für „surface mounted technology“ und beinhaltet eine vollautomatische Bestückung von Leiterplatten. Im Unterschied zu einem THT-Verfahren sind die Bauelemente nicht gesteckt. Eine Lötpaste wird vorher aufgetragen, die Bauelemente werden aufgebracht und anschließend in Öfen miteinander verbunden.

SMT-Bestückung arbeitet das Team an den SMT-Linien etwas enger zusammen und bei Problemen auch im Tandem.

„Jeder macht so sein Ding, man hat sicherlich so seine Kollegen hier und da.“ (F5 THT-Bestückung #00:44:29-6#)

„Je nach Aufgabe anders, ob ich allein oder gemeinsam mit Kollegen was mache. Zum Beispiel wenn ich an der Strecke eine Aufgabe habe, dann bin ich allein zuständig und stimme mich nur vorher mit den Kollegen im Team ab, wer wo arbeitet. Aber bei der Behebung von Störungen kann es auch vorkommen, dass wir zu zweit überlegen, was gerade passiert ist und wie das zu beheben ist.“ (F2 SMT-Bestückung #00:14:07-0#)

Die Teamleitungen sind für die tägliche Aussteuerung der Arbeitsprozesse verantwortlich und gehören formal nicht zu den Führungskräften, sondern arbeiten mit den Beschäftigten direkt zusammen. Zu Schichtbeginn übernehmen sie die Zuteilung der Arbeitsaufträge und passen diese im Tagesverlauf an die Auftragslage an. Außerdem erstellen sie an ihrem Arbeitsplatz mit den üblichen PC-Anwendungen (Windows) Schicht- und Urlaubspläne und unterstützen die Beschäftigten in der Bewältigung bestimmter Probleme im Arbeitsprozess mit ihren technischen Kenntnissen zu den jeweiligen Maschinen und Anlagen sowie mit ihrem Erfahrungswissen zum Produktionsprozess. Der Arbeitsplatz der Teamleitungen befindet sich in unmittelbarer Nähe zu den Arbeitsplätzen, an denen die manuelle oder technisch gestützte Bestückung ausgeführt wird, um schnell bei Problemen eingreifen zu können. Die Teamleitung ist zudem für den Teamzusammenhalt verantwortlich, denn besonders in der Inselfertigung besteht eine Tendenz zum Einzelkämpfertum. Teamleitungen sind an einer breiten Kompetenzentwicklung des Teams interessiert, um „eine gewisse Flexibilität in der Arbeitsverteilung zu haben.“ Ein Teamleiter beschreibt seine Aufgabe wie folgt:

“Meine Hauptaufgabe kann ich ganz gut beschreiben (...) Einmal das Personelle, was ein Teamleiter macht und einmal das Technische an den Linien. Was ich denn lieber mache? Vorher habe ich nicht drüber nachgedacht. Also klar ist: Man ist nicht weisungsbefugt oder so. Man kann den Mitarbeitern keine Verwarnung geben oder eine Abmahnung, aber ich kann Urlaub genehmigen bis zum persönlichen ‚Hallo!‘ und miteinander frühstücken oder mal ein Teamessen organisieren, aber auch die Hand darauflegen, dass es so laufen soll, wie es laufen soll.“ (F2 Bestückung Teamleitung #00:12:03-3#)

“Wenn das Team unruhig läuft, sehe ich mich in der Pflicht. Auch wenn man Grenzen hat, aber ich versuch das so gut wie möglich zu machen. Da lernt man viel. Das musste ich auch feststellen in den sechs Jahren, was da auch alles passieren kann und wie man sich besser verhalten sollte. Aber das Große ist natürlich auch das Technische, wie repariere ich etwas, sondern das Technische, was muss wie laufen, was kann ich wo fahren, damit die Produktion so ist, dass alle Abteilungen zufrieden sind. Ich sehe mich als allererste Abteilung, die fängt an und alles was dahinter hängt, ob’s auf Geräte fällt, richtig bis hinten kann nur das bekommen, was ich grad anfangen. Deswegen finde ich es wichtig, ein bisschen in die Zukunft zu gucken. Also ich bin nicht der, der irgendwas reparieren muss, ich bin der, der die Arbeit managt und verteilt, aber gleichzeitig auch das Team führt. Dazu brauche ich Fingerspitzengefühl.“ (F2 Bestückung Teamleitung #00:13:19-8#)

Die Teams in der Bestückung arbeiten zeitweise mit Leihkräften zusammen, die bei saisonalen Produktionsengpässen die Teams verstärken. Die Leihkräfte sind meist in der manuellen Bestückung

anzutreffen und haben nur befristete Verträge, sie sind auf gut organisierte Anlernprozesse angewiesen. Während Führungskräfte der Abteilung den Lernaufwand als nicht hoch beschreiben, betonen erfahrene Arbeitskräfte, dass sie teilweise bis zu sechs Monate benötigten, um die Abläufe in der Bestückung zuverlässig zu erlernen und zu wissen, „welche Teile wohin gehören“. Für das Anlernen sind vier bis sechs Wochen vorgesehen, was von festangestellten und erfahrenen Beschäftigten übernommen wird. Entweder erklären sich die Beschäftigten freiwillig für das Anlernen der Leihkräfte bereit oder Teamleitungen bestimmen sie dazu. Das Anlernen erfolgt über das Zeigen und Erklären der manuellen Arbeitsschritte. Einige Leihkräfte verfügen bereits über Vorkenntnisse in der THT-Bestückung, da sie dies in anderen Produktionsbetrieben erlernt haben. Leihkräfte werden ausschließlich in der manuellen Bestückung angelern und sind selten bis gar nicht in der Bedienung von Maschinen und Anlagen der THT- und SMT-Bestückung anzutreffen, weil die Einarbeitungszeit von Führungskräften als „viel aufwändiger“ eingeschätzt wird.

Die Teamleitungen sind im Arbeitsalltag viel auf sich allein gestellt und der Austausch mit anderen Teamleitungen ist eher zufällig und informell. Den Teamleitungen und ihren Teams sind mehrere Führungsebenen überstellt. Die jeweilige Gruppenleitung ist für mehrere Teams und deren Kompetenzentwicklung verantwortlich. In Absprache mit der Teamleitung und der Abteilungsleitung entscheidet sie bei größeren Störsituationen wie einem Maschinenstillstand, wie mit dem Problem umgegangen wird. Übergeordnet ist die Abteilungsleitung und Fertigungsleitung organisiert, die sich mit der Entwicklung der Abteilung – wie beispielsweise der Umsetzung der Industrie 4.0-Ansätze und der Qualifizierung der Beschäftigten in der Bestückung – befasst. Die Führungskräfte sind disziplinarische Vorgesetzte und haben große Handlungs- und Entscheidungsspielräume in ihren eigenen Arbeitsprozessen. Eine Führungskraft der Bestückung beschreibt die Freiräume wie folgt:

“Herkommen, um das Problem (hier: eine Störung der Maschine) zu begleiten, das tue ich nicht. Wenn ich Bestandteil der Lösung sein kann, würde ich herkommen. Eine Maschine steht durch eine fehlerhafte Bestückung mit Tragweite in die Montage rein (...) das ist ein Prio-Thema für mich. Es kommt aber auch darauf an, um welches Produkt es sich handelt. Es gibt Entscheidungen auf personeller Ebene, die manchmal sehr schnell getroffen werden müssen, und das taktet.“ (F2 SMT-Bestückung Führungskraft #01:01:57-1#)

Die befragte Führungskraft beschreibt weiterhin, dass die Aufgabe der Gruppenleitungen darin besteht, dass sie nicht alles erfahren müssen, um ihre Entscheidungen zu treffen. Relevant sind vielmehr Kennzahlen zur Produktivität und zur Qualität. Im Regelfall kommunizieren die Leitungsebenen viel über E-Mails und haben individuelle Besprechungen mit Fachkräften der Abteilungen, um sich ein Bild über mögliche Probleme und ihre Lösungen zu machen. Gerade wenn es um den Technikeinsatz geht, sind die Leitungsebenen stark involviert.

4.2.1.2 Arbeitsprozesse in der THT-Bestückung: „Mein – Maschine – Prinzip“

Ein typischer Arbeitstag beginnt für die Beschäftigten in der manuellen und in der THT-Bestückung nach der Schichtübergabe. Die jeweilige Teamleitung vergibt täglich die Aufträge im Team und teilt die Beschäftigten einem Arbeitsplatz mit oder ohne Technik zu. Die Arbeitsprozesse sind engmaschig getaktet, aber im Detail unterscheiden sie sich in der manuellen und in der THT- Bestückung von denen

in der automatisierten SMT-Bestückung im Grad der Autonomie. Daher sind sie im Folgenden getrennt voneinander beschrieben.

In der manuellen Bestückung führen die Beschäftigten ihre zugeteilte Aufgabe an Einzelarbeitsplätzen aus. Es sind repetitive Arbeitsprozesse. An einigen Arbeitsplätzen bestücken die Beschäftigten ausschließlich manuell die Leiterplatten und die Aufgabe der Beschäftigten besteht darin, kleine, bedrahtete Bauteile manuell in die Öffnungen vorgestanzter Leiterplatten zu stecken. Nur wenige Beschäftigte sind befähigt, an THT-Automaten zu arbeiten, deshalb moderiert zu Schichtbeginn die Teamleitung. Nachdem sich die dafür befähigten Beschäftigten kurz abgestimmt haben, ob sie an diesem Tag lieber am THT-Automaten oder der Selektivlötmaschine arbeiten, teilt die Teamleitung die Aufträge zu. Sind die Beschäftigten einer Maschine zugeteilt, unterschreiben sie auch, welche Maschine sie bedienen. Im Anschluss an die Zuteilung beginnen sie mit der Einrichtung „ihrer Maschine“ und weisen den Arbeitsauftrag zu, indem sie auf einem Display der Maschine verschiedene Daten eingeben. Im Anschluss führen sie an bestimmten Vorrichtungen die zu bestückenden Leiterplatten und die Bauelemente händisch zu und setzen auf der anderen Seite des Automaten sogenannte Trays ein, in denen die fertig bestückten Leiterplatten gesammelt werden. Am hinteren Teil der Maschine kontrollieren sie die Materialvorräte. Nach dem Einrichten der Maschine setzen sie sich an einen integrierten Arbeitstisch. Vor ihnen kommen auf einem kleinen Transportband die zu bestückenden Leiterplatten angefahren und sie bestücken diese mit den vorgegebenen Bauteilen. Sie legen beispielsweise elektronische Bauelemente wie Spulen, Widerstände oder Kondensatoren auf vorgegebene Stellen der Leiterplatte. Die Bauteile liegen in kleinen Boxen, die am Bestück-Automaten angebracht sind. Sogenannte Assistenzsysteme zeigen mit computergesteuerten Lichtsignalen (Pick-by-Light) den Beschäftigten an, welche Teile für den jeweiligen Bestückungsvorgang notwendig sind. Nach der Bestückung fahren die Leiterplatten auf dem kleinen Förderband weiter bis zum Ende des Automaten; dort werden die Trays gesammelt. Ist die Vorrichtung des Automaten voll oder der Auftrag fertig ausgeführt, gibt der Automat ein akustisches Signal. Die Beschäftigten entnehmen die Trays mit den gesammelten und fertig bestückten Leiterplatten und schichten sie manuell in kleine Rollwagen um. Andere Beschäftigte aus dem Team übernehmen den Auftrag für den nächsten Arbeitsschritt. Sie entnehmen den Rollwagen die Trays mit den bestückten Leiterplatten und übergeben sie zum Lötén in die nächste Maschine. Auch hier aktivieren die Beschäftigten an der Maschine den Auftrag an Displays und die Maschine befördert die bestückten Leiterplatten ins Innere, um die Bauelemente mit einer Lötpaste zu fixieren. Dieser Vorgang wiederholt sich mehrmals täglich. Das Be- und Entladen der Automaten beschreiben Beschäftigte als eine körperlich anstrengende Arbeit. Mehrere Platten liegen in einem Tray und mehrere Trays müssen auf einen kleinen Transportwagen gehoben werden. Das jeweilige Gewicht entspricht in etwa einem gefüllten Getränkekasten.

„Es gibt Baugruppen, da setzt man dann drei Leisten auf, die sind ruck zuck fertig, weil man die ja nicht ständig aus dem Magazin rausnimmt. Die lässt man im Magazin und setzt die Leisten drauf, zwei Stück fertig. Bei nur einer Maschine musst du jedes Mal einen Tray wechseln und eventuell nachfüllen, weil Logistik nicht hinterherkommt (...), weil die oben das so wollen, da habe ich keinen Einfluss drauf. Bei bestimmten Baugruppen, da ist die Maschine schneller über die Menge. Wenn ich aber jetzt bloß vier Platten habe, dann bin ich meistens schneller mit der Hand (...) denn ich kenne es von früher noch.“

Also ich habe früher das alles per Hand bestückt. Der Automat ist die Erleichterung jetzt, das merkt man schon. Wenn ich aber jetzt bloß vier habe, dann bin ich meistens schneller mit der Hand direkt.“ (F5 Bestückung 2 #00:15:56-0#)

Auf die beschriebene Art und Weise arbeiten die Beschäftigten ihre Aufträge zur Bestückung mehrmals täglich ab. Für diese wiederkehrenden Arbeitsprozesse benötigen Beschäftigte ein routiniertes Vorgehen. Innerhalb einer Arbeitswoche wechseln sie zwischen dem Automaten zur Bestückung und der Maschine zum Selektivlöten oder bei Bedarf an manuelle Arbeitsplätze ohne technische Unterstützung. Aufgrund wechselnder Arbeitsstationen, wechselnder Aufträge und variierender Bauelemente empfinden diese Beschäftigten ihre Tätigkeit als „nicht langweilig“, wie eine Beschäftigte aus der Bestückung im Beobachtungsinterview berichtet. Aus dieser Perspektive vermitteln die „Arbeitsroutinen“ Sicherheit und werden „nicht als monotone Tätigkeit“ wahrgenommen. Auch wenn die Arbeitsprozesse in der THT-Bestückung einen hohen Wiederholungscharakter aufweisen, erleben die Beschäftigten die Rotation im Team teilweise als Kompetenzerweiterung.

„Die Abwechslung, die ich mag, besteht darin, immer an einer anderen Maschine zu arbeiten. Monotonie, nein, es sind ja immer unterschiedliche Baugruppen. Aber Routine auf alle Fälle, je länger, desto routinierter der Umgang.“ (F2 Bestückung 2 #00:10:53-3#)

Aus Sicht der Beschäftigten und der Führungskräfte fördert der regelmäßige Wechsel der Arbeitsplätze zudem den Austausch im Team. Im Arbeitsprozess der THT-Bestückung kommen mehrmals täglich die Beschäftigten aus der Intralogistik an die Arbeitsplätze. Sie liefern die benötigten Bauteile und sammeln leere Kanban-Behälter ein. Die regelmäßigen Absprachen direkt am Arbeitsplatz werden von den Beschäftigten als wichtig eingeschätzt. Den fehlenden Überblick über anstehende Bestückungsaufträge und kurzfristige Änderungen in der Auftragsbearbeitung kurz vor Schichtende erleben Beschäftigte hingegen als Frustration, denn sie fühlen sich nicht ausreichend informiert. Die fehlende Orientierung schränkt zudem die Handlungsspielräume der Beschäftigten ein.

“Die (Beschäftigten in der Logistik) sehen, dass ich das und das gerade mache. Dann wissen sie schon, wann ich welche Teile brauche. (...) Wenn irgendwas ist, dann kommunizieren wir und versuchen uns gegenseitig zu helfen und zu unterstützen. Und das funktioniert gut. Das machen wir mittendrin zwischen Bestück-Automaten und Selektiv-Lötmaschine. Wir sprechen uns ab, was sinnvoll ist (...) Aufträge, die dran sind, müssen wir abarbeiten. Aber da sprechen wir ab, was schnell geht, was Langläufer sind. Gleich zu Schichtbeginn wäre ein Überblick gut: was sind die Aufgaben, was hätte der Teamleiter gerne und nicht eine Stunde vorher Bescheid sagen, weil das schaffe ich dann auch nicht mehr (...) es gibt zwar eine Liste, wo draufsteht, was wichtig ist und was nicht, klar. Aber, wie gesagt, oft kommt es erst so im Prozess dann, oder kurz vor dem Peng dann. Wo man sich dann wünschen würde, wenn man am Anfang der Schicht eine grobe Orientierung hätte, dass man das dann selbständig handeln kann, dass ich das dann so abarbeiten kann.“ (F2 Bestückung 2 #00:28:39-7#)

Im Arbeitsprozess kann es zu Abweichungen kommen, auf die sich die Beschäftigten schnell einstellen müssen. Das ist beispielsweise der Fall, wenn aufgrund der veränderten Auftragslage bestimmte Baugruppen vorgezogen werden, obwohl diese nicht eingeplant waren. Die angefangenen Aufträge bleiben dann stehen und der abrupte Wechsel kann vorübergehend zu Unzufriedenheit führen, wenn Teamleitungen die Gründe nicht nachvollziehbar erklären. Zu einer weiteren Abweichung im

Arbeitsprozess kommt es, wenn die Beschäftigten der vorherigen Schicht die Automaten nicht richtig heruntergefahren haben oder die Werkzeuge nicht zurückgelegt wurden. Dann haben die Beschäftigten in der nächsten Schicht Probleme, ihren Arbeitsprozess pünktlich zu beginnen. Störungen durch eine fehlerhafte Bestückung sind für die Teamleitung transparent und werden in der Schichtübergabe thematisiert. Der Teamzusammenhalt ist ein wichtiger Faktor für den Umgang mit Fehlern.

„Ich renne dann nicht gleich zum Teamleiter oder so, ich rede erst einmal mit der Kollegin und sage, hier, das hast du vergessen oder verkehrt gemacht (...) sollte es natürlich öfter vorkommen, dann muss ich einen Schritt weiter gehen, aber das ist der äußerste Weg. Man will keinen Stress. Man will eigentlich nur ein vernünftiges miteinander arbeiten und deswegen spreche ich die Kollegen direkt an. (...) Zum Beispiel der Mitarbeiter hat sich verguckt oder die Nummer falsch gemerkt. Wenn ein falscher Wandler drauf ist, der gleich aussieht, dann ist es ein Serienfehler. Das kann in der Zelle passieren wie am Automaten. Also, wenn Mitarbeiter ein falsches Teil reinschieben, weil sie nicht auf die Nummer achten, dann sind die Fehler genauso, wie als wenn es in einer Zelle bestückt wird.“ (F2 Bestückung 2 #00:18:04-6#)

Im Gegensatz zur manuellen Bestückung erkennt die Maschine schnell versehentlich falsch eingelegte Bauelemente und gibt eine Störmeldung, bevor es zu einer Fehlbestückung auf den Leiterplatten kommt. Zusätzlich nehmen die Beschäftigten die Pick-by-Light-Systeme als Minimierung der Störungen durch eine fehlerhafte Bestückung wahr. Demnach sind diese mit dem Einsatz neuer THT-Maschinen seltener geworden und kommen nur noch vor, wenn Bauteile mit einer veralteten Nummer gekennzeichnet sind und der Automat diese nicht erkennt.

Es gibt Störungen, bei denen die Beschäftigten mit der Fehlersuche allein nicht weiterkommen. Meist handelt es sich um technische Störungen wie zum Beispiel nicht funktionierende Scanner oder Touch-Pads an den Automaten. Bei Bedarf holen sie sich Unterstützung aus ihrem Team und von der Teamleitung. Aufgrund der Nähe zum Arbeitsplatz können Teamleitungen schnell entscheiden, welche weitere Unterstützung sinnvoll ist. Oft werden Beschäftigte aus der Technologieabteilung hinzugezogen, die für die Programmierung der Automaten ausgebildet sind und sich mit den technischen Schwachstellen der Automaten auskennen. Wenn an einer Maschine die Elektrik ausfällt, kontaktieren die Beschäftigten die Instandhalter. Allein kann das Team technische Störungen aufgrund fehlender formaler Qualifikation nicht beheben.

Problematisch für die Behebung von Störungen sind die abweichenden Arbeitsmodelle in der Instandhaltung und im Technologiesupport, denn die Beschäftigten dort arbeiten nicht in dem gleichen Schichtsystem wie die Beschäftigten in der direkten Produktion. Beispielsweise sind keine Instandhaltungskräfte in der Nachtschicht vor Ort, um Störungen zu beheben. Das führt dazu, dass die Beschäftigten zur manuellen Bestückung übergehen müssen und die Leiterplatten vollständig händisch bestücken, ohne die Assistenz durch die Automaten. Dafür benötigen sie weiterhin das umfangreiche Wissen zur manuellen Bestückung und über die richtigen Bauteile. Den kurzfristigen Wechsel zurück in die manuelle Bestückung empfinden einige Beschäftigte als „unangenehm“, weil es sich oft um einen unfreiwilligen Wechsel handelt und nicht die technischen Kompetenzen zum Einsatz kommen können wie beim Bedienen der Bestück-Automaten und Selektiv-Lötmaschinen.

4.2.1.3 Anforderungen an die Beschäftigten in der THT- Bestückung

Die Anforderungen an die Beschäftigten in der Bestückung variieren stark und richten sich vor allem nach der Verfahrenstechnik und nach dem Automatisierungsgrad der eingesetzten Maschinen. Zum anderen unterscheiden sich die Beschäftigten nach der formalen Qualifikation. Die Ausführung der manuellen Bestückung und die Verlötlung der Leiterplatten erfordern insbesondere feinmotorische Kompetenzen und Geduld aufgrund der kleinen Bauteile, die genau auf die vorgestanzten Öffnungen zu setzen sind. Diese Tätigkeiten werden von formal gering qualifizierten Beschäftigten ausgeführt, die in kurzen Anlernphasen die wichtigsten Handgriffe und das erste Materialwissen zur manuellen Bestückung erlernen und über die Jahre vertiefen.

Die Bestückung am THT-Automaten erfordert neben den feinmotorischen Kompetenzen und den Materialkenntnissen technische Kenntnisse für die richtige Bedienung der Maschinen. Etwa die Hälfte der Beschäftigten in der Bestückungsabteilung (Betrieb A) ist inzwischen zur Bedienung der THT-Automaten befähigt. Die Einführung von Bestück-Automaten und Selektiv-Lötmaschinen erfordert aber auch das Erfahrungswissen für die Bestückung der Leiterplatten, da diese weiterhin noch manuell bestückt werden. Für die Zuführung der Materialien oder Materialrollen und das Einsetzen, Umlagern und Entnehmen der sogenannten „Trays“ am Automaten ist darüber hinaus körperliche Kraft notwendig. Aus Sicht der Beschäftigten in der THT-Bestückung ist eine zentrale Anforderung die Bewältigung von Störsituationen. Wenn Störungen auftreten, versuchen sie „alles Mögliche auszuschöpfen“; nur bei größeren Serienfehlern ist die Unterstützung der Teamleiter gefragt, weil es dann mehrere Aufträge betrifft und zu einer Lieferverzögerung kommen könnte. Bei der Fehlersuche greifen Beschäftigte auf ihr Erfahrungswissen zurück, das sie selbst kaum benennen oder kategorisieren können. Im routinierten Umgang mit der Maschine bemerken die Beschäftigten schnell Abweichungen und auffällige Geräusche, die ihnen erste Hinweise für die Ursache der Störung geben.

“Ich gucke erstmal in die Maschine rein, also ich mache die Haube auf und gucke erstmal, wo stehen die Werkzeuge, wo steht der Werkzeugkopf, was ist überhaupt los, wo steht die Platte, wie sieht die Baugruppe aus. Dann gehe ich auf die Suche. Aber, wie gesagt, manchmal komme ich auch nicht dahinter und dann hilft manchmal nur ausmachen und nochmal neu starten.“ (F2 Bestückung 1 #00:20:42-3#).

“Manche fragen mich schon, wie du hast das gehört, was für ein Fehler da ist, ich sage ja. Also ich höre es mittlerweile schon. Ich brauche die Fehler auch teilweise gar nicht mehr lesen. Denn ich weiß es schon.“ (F5 Bestückung 2 #00:11:19-6#)

Die Beschäftigten an den THT-Maschinen erleben die Einführung und den ersten Umgang mit neuen Maschinen oft als eine Herausforderung. Zum Beispiel haben die Automaten Displays, die der Menüführung eines komplexen Druckermenüs ähneln. Allerdings sind die Informationen in der Landessprache der Hersteller angezeigt. Das erfordert etwa englische oder japanische Sprachkenntnisse. Aus Sicht der Beschäftigten ist eine eigenständige Übersetzungsleistung der Bedienmenüs erforderlich oder eine gute Merkfähigkeit für die richtige Abfolge in der Tastenbedienung. Sie improvisieren und schreiben sich wichtige Tastaturbefehle eigenständig auf, um nicht ständig nachfragen zu müssen. Im

Verlauf tritt ein Gewöhnungseffekt ein und die Automaten werden als Entlastung erlebt, weil weniger Fehler auftreten. Sie kommen den Signalen der Maschine zuvor, um die Materialzuführungen nicht leerlaufen zu lassen und Bestückungsprozesse „flüssiger“ zu halten. Einige Beschäftigte sprechen sogar von „ihrer Maschine“, die sie inzwischen so gut kennen, dass sie bereits vor den Signalen der Maschine wissen, welche Teile als nächstes gebraucht werden oder welche Fehler aufgetreten sind.

Mit der Einführung neuer Maschinen wurden die Beschäftigten intern zur sachgerechten Bedienung angelernt. Technische Störungen erkennen sie oft schon früh, aber den meisten Beschäftigten in der Bestückung fehlt eine elektronische Ausbildung oder die formale Anerkennung ihrer technischen Kenntnisse, die sie evtl. im Tätigkeitsverlauf erwerben. Auch im Team sind sie aufgrund ihrer fehlenden formalen Qualifikationen nicht berechtigt, technische Störungen zu beheben. Die Einführung neuer THT-Automaten führt zu veränderten Anforderungen bei Beschäftigten in der Bestückung. Die Beschäftigten sind jedoch aufgeschlossen und signalisieren ihre Lernbereitschaft, mehr als nur die Bedienung der Automaten zu beherrschen. Eine Arbeitskraft beschreibt aber, dass die fehlende formale Qualifikation verhindert, sich tiefergehendes Maschinenwissen anzueignen. Aus Sicht der Beschäftigten fehlen hier Schulungskonzepte, die über ein reines Bedienerwissen hinausgehen.

„Ich gucke zwar gerne zu, weil mich das interessiert, aber ich habe keinen Einfluss. Das sind spezielle Sachen, so Kabelchen oder irgendwas mit Elektronik, da habe ich nichts dran zu suchen, da darf ich nicht ran.“ (F2 Bestückung 2 #00:22:48-4#)

„Einiges kann man sich selbst gut beibringen, anderes entsteht dann, wenn man lange hier ist. Ich bin seit 2010 hier und bin von Anfang an hier „groß geworden, aber ich bin nicht so ausgebildet.“ (F5 Bestückung 2 #00:11:19-6#)

In der manuellen Bestückung und in der THT-Bestückung arbeiten vorwiegend An- und Ungelernte ohne formale Qualifikation oder mit geringen formalen Qualifikationen. Sie arbeiten oft länger in ihrem Tätigkeitsbereich und verfügen über viel Erfahrungswissen zu den Produkten, Materialien und Prozessen.

4.2.1.4 Arbeitsprozesse in der SMT-Bestückung: Automatisierung

In der SMT-Bestückung ist die Arbeit im Vergleich zur THT-Bestückung hochautomatisiert. Die Bestückung erfolgt nicht manuell, sondern in automatisierten SMT-Linien, in denen die noch nicht bestückten Leiterplatten auf innenliegenden Förderbändern mehrere Abschnitte der Bestückung durchlaufen. Mit Pick-and-Place legt die Maschine die zugehörigen Bauelemente an vorbestimmten Positionen auf der Leiterplatte ab. An den Seiten einer automatisierten Fertigungslinie befinden sich einzelne Abschnitte mit sogenannten Rüsttischen, die vorrätige Bauelemente in einer festgelegten Anzahl automatisiert zuführen. Die Bestückung der Leiterplatten und die Verlötlung in sogenannten Reflow-Öfen erfolgt vollständig automatisiert mittels einer speziellen Schablone, die eine Lötpaste in einer Art Druckprozess auf entsprechende Stellen der Leiterplatten aufträgt und die Bauelemente darauf bestückt und verbindet. Eine SMT-Linie besteht aus mehreren Maschinen und Anlagen wie verschiedenen Bestück-Automaten, Lötanlagen und verschiedenen Transporteinrichtungen. Die einzelnen Abschnitte

der SMT-Linie sind miteinander verkettet und so programmiert, dass sie Daten im automatisierten Bestück-Prozess sammeln und mit anderen Berechnungssystemen in der Produktion und Logistik in Zusammenhang bringen. Innerhalb bestimmter Zeitabschnitte bearbeitet die Anlage verschiedene Rüstungen, die sich in Fest- und Variantenrüstungen unterscheiden lassen. Mit der Sammlung der Maschinendaten soll eine Optimierung der Auslastung erreicht und die Umrüstung minimiert werden.

“Die neuen Maschinen, ich weiß nicht, ob die alten das vielleicht nicht gekonnt haben, aber vielleicht hat man das auch nicht gesehen, dass dieses Vernetzen der Maschinen von verschiedenen Herstellern größeren Stellenwert hat als davor. Diese neuen Maschinen, wenn das der gleiche Hersteller war, habe ich es auch nicht so mitbekommen, dass es so wichtig war, so hoch gehalten wurde. Das ist alles mit den neuen Anlagen gekommen, so dass man es wahrnimmt.“ (F2 Fertigung Teamleitung #00:02:14-4#)

Die Beschäftigten der SMT-Bestückung sind den Teilabschnitten der automatisierten SMT-Linien nach Kompetenzen zugeteilt. Nach dem Schichtwechsel erhalten sie eine Übersicht der anstehenden Aufträge und beginnen mit der Steuerung und Kontrolle ihrer Teilbereiche. Typische Arbeitsprozesse in der SMT-Bestückung beginnen damit, die Anlagen für eine spezielle Rüstung einzurichten. Sie führen den Anlagen Materialien und noch unbestückte Leiterplatten zu und erneuern in regelmäßigen Abständen die Vorräte der Bauelemente an den Rüsttischen der Anlage. Weiterhin kontrollieren sie in regelmäßigen Abständen, ob die Maschinen störungsfrei laufen. Die eigentliche Bestückung der Leiterplatten erfolgt nicht (mehr) durch die Beschäftigten. Um immer alles im Blick haben und bei Störungen sofort eingreifen zu können, laufen die Beschäftigten mehrfach die Linien ab. Dadurch erleben die Beschäftigten ihren Arbeitsalltag als „dynamisch“.

Im Arbeitsprozess kann es zu verschiedenen Abweichungen kommen. Beispielsweise sind das nur kurzfristig planbare Umrüstungen der SMT-Linien, die abhängig von der Auftragslage erforderlich sind. Die Beschäftigten passen die Rüstungen an die aktuelle Auftragslage an. An den Teilabschnitten der automatisierten SMT-Linien nehmen sie kleinere Eingriffe in der Steuerung schnell vor und bearbeiten an installierten Bildschirmen die Abfolgen für Fest- und Variantenrüstungen bzw. legen sie bei Bedarf neu fest. Für eine Umrüstung der einzelnen Maschinen ist der manuelle Austausch von Bauelementen notwendig. Eine Umrüstung erfolgt im Team und muss zügig „mit viel Aufwand“ umgesetzt werden. Das erfordert eine kurzfristige Aussteuerung des Teams und ein eingespieltes Team. Die schnelle Bereitstellung der Bauelemente für die Um- und Nachrüstung ist körperlich anspruchsvoll. Der kurzzeitige Stillstand einer SMT-Linie kann zu Stressmomenten führen, weil der Stillstand den organisierten Produktionsablauf gefährdet. Laut der befragten Expert*innen ermöglichen neue Anwendungen und Datenauswertungen der SMT-Linien eine Minimierung der Stillstände.

In den Arbeitsprozessen der SMT-Bestückung kann es zu ungeplanten Abweichungen kommen. Das sind beispielsweise Situationen, in denen die automatisierten SMT-Linien eine Fehlermeldung abgeben und in Störung gehen. Die Beschäftigten müssen dann in der Lage sein, das Ausmaß der Störungen schnell zu erkennen und zu priorisieren. Je nach Grad der Auswirkung für die weiteren Abläufe sind die Störungen nach Schweregraden definiert und die Abläufe zur Entstörung dementsprechend geregelt. Bei

einfachen Störungen wie fehlerhaft zugeführten Bauelementen, die sich in den Zuführungsvorrichtungen verhaken o. ä., sind die Anlagenbediener*innen verantwortlich für die Fehlersuche. Sie verschaffen sich einen Überblick, indem sie die Abdeckungen an der Maschine öffnen und Schritt für Schritt an der Steuerung der Anlage versuchen, den Fehler zu finden. Sie tasten sich mit allen Sinnen und Hilfsmitteln vor und versuchen die Störungsursache zu ermitteln. Bei der Fehlersuche sind Geräusche ein wichtiger Indikator für die Art der Störung und besonders erfahrene Beschäftigte erkennen abweichende Geräusche schnell. Schritt für Schritt entfernen sie umgekippte Bauelemente und korrigieren am Display der Linie den Ein- und Ausgabestand. An der Steuerung der Linien probieren sie bestimmte Tastenkombinationen, bis die Linie wieder freigegeben ist. Die Arbeitsplätze der Teamleitungen sind direkt an der SMT-Linie und mit einem PC-Schreibtisch ausgestattet. Bei Bedarf sind sie schnell an der Störungsstelle. Zusammen mit der Teamleitung entscheidet das Team über den Umgang mit fehlerhaften Bauteilen und weiteren Vorgehensweisen. Im Fall einer schwerwiegenden Störung – wie einer Fehlbestückung entgegen dem Zeitplan oder einer starken Abweichung der Lötqualität durch eine fehlerhafte Befüllung des Lötzinns – haben diese Aufgaben eine hohe Priorität, da es zu einem Stillstand der gesamten Bestückungsanlage kommen kann. Bei solchen Störungen kommt es auf das Erfahrungswissen der Beschäftigten an. Wenn Beschäftigte länger mit den Anlagen umgehen, kennen sie oft die Schwachstellen oder sie können fehlerhafte Prozesse sofort erkennen. Um die Störungsursachen zu beheben, wird die Unterstützung aus anderen Abteilungen wie der Instandhaltung oder dem Technologiesupport angefordert, um längere Stillstände zu vermeiden.

In der automatisierten Bestückung von Leiterplatten ist laut Expert*innen ein Trend in der SMT-Bestückung erkennbar. Immer kleinere Bauteile und immer dichtere Packungen benötigen gerade bei größeren Serien eine andere Prozessplanung. Die Umsetzung gelingt demnach in automatisierten Fertigungsanlagen besser als mit Bestück-Automaten. Mit der vernetzten Automatisierungsanlage erwarten sie deshalb weniger Fehler beim Bestücken (sogenannte *placement errors*) und beim Löten (sogenannte *soldering effects*).

An den automatisierten Fertigungslinien arbeiten die Teams enger zusammen und die Fachkräfte agieren nach Abstimmung selbstbestimmter als in der manuellen Bestückung oder der Bestückung mit dem THT-Automaten. Die permanente Abstimmung mit Teamkolleg*innen und Führungskräften wie den Fertigungs- und Abteilungsleitern (ausschließlich männlich) usw. ist auf eine Ausweitung der Handlungsspielräume ausgerichtet, allerdings wird die Lautstärke der Anlage für den fachlichen Austausch zwischen den Beschäftigten als störend wahrgenommen. In den Interviews weisen Führungskräfte darauf hin, dass es engagierte Mitarbeiter*innen im Team gibt, mit denen es gut funktioniert und die ihr Wissen und Erfahrungen neuen Beschäftigten weitergeben. Bei anderen nehmen sie wahr, dass sie ihren „Lieblingsarbeitsplatz“ haben oder sich verhalten sich aus Sicht der Führungskräfte „unkollegial gegenüber anderen im Team, weil die Kaffee trinken gehen, wenn gerade keine Aufträge angezeigt werden.“

4.2.1.5 Anforderungen an die Beschäftigten in der SMT-Bestückung

An einer SMT-Linie arbeiten nur wenige An- und Ungelernte. Diese übernehmen eher manuelle Resttätigkeiten an den Linien und unterstützen die Zuführung der Materialien oder den Austausch der Materialien bei einem Rüstwechsel an den Zuführungsvorrichtungen.

An SMT-Linien arbeiten vorwiegend jüngere und ausgebildete Fachkräfte in der Maschinen- und Anlagenbedienung, die für die Steuerung und Kontrolle der automatisierten SMT-Anlagen verantwortlich sind. Dafür ist laut Führungskräften deutlich mehr technisches Wissen über die Funktionsweisen der Maschinen und Anlagen nötig als in der THT-Bestückung. Die Bestückung führt die SMT-Linie durch und Fachkräfte steuern die SMT-Anlagen. Beim Berufseinstieg verfügen die Beschäftigten in der Regel über eine Ausbildung wie Elektrotechnik, Mechatronik, Industriemechaniker o. ä. Durch die Ausbildung verfügen die Beschäftigten über mehr technisches Wissen zur Automatisierung, was sich in einem höheren Entgelt (ERA-Eingruppierung) widerspiegelt. Zur SMT-Verfahrenstechnik haben sie in der Ausbildung weniger Wissen erworben, erst im Prozess der Arbeit holen sie das nach. Die Aneignung relevanter Kenntnisse dauert mehrere Monate und ein Prozessverständnis oft einige Jahre. Sie sind befähigt, Anpassungen an den SMT-Linien vorzunehmen. Neben Analysekompetenzen für fertigungsrelevante Kennzahlen benötigen sie technische Kompetenzen für die Software, die zur Auswertung und Dokumentation der Messergebnisse bei Qualitätsabweichungen bereitgestellt wird.

Inzwischen gibt es einen anerkannten Ausbildungsberuf. Die duale Ausbildung zur/zum Maschinen- und Anlagenführer*in dauert zwei Jahre und beinhaltet Schwerpunkte wie Fräsen, Löten und Schweißen. Die Ausbildungsinhalte beziehen sich vorwiegend auf die Einrichtung, Bedienung und Umrüstung der Fertigungsmaschinen und -anlagen, aber auch auf die Überwachung des Bestückungsprozesses, Qualitätskontrollen und Instandsetzung wie Störungsbeseitigung, Fehleranalyse sowie Wartungs- und Reinigungsarbeiten. Einige Betriebe – wie der vertieft untersuchte Betrieb – haben die Inhalte gemäß den internen Anforderungen selbst entwickelt und individuell auf die Anforderungen im Werk zugeschnitten. In einer unternehmenseigenen Akademie erhalten Mitarbeiter eine duale Ausbildung mit praktischen und schulischen Anteilen. Mit der verkürzten Ausbildung zählen die Auszubildenden nach zwei Jahren zu Fachkräften, die bereits über Erfahrungen aus den Arbeitsprozessen im Werk verfügen. Führungskräfte betonen, dass es nach der Ausbildung vor allem darauf ankommt, dass die Beschäftigten weiterführende Erfahrungen in der Fertigung machen können. Vor der Ausbildung haben die Führungskräfte ausgebildete Fachkräfte ausgewählt, die über technische Grundkompetenzen verfügen und in der Lage sind, sich das Anwenderwissen zu neuen Maschinen selbst anzueignen. In den Betrieben sind bisher nur vereinzelt Auszubildende anzutreffen.

Einige Beschäftigte haben sich in Schulungen auf spezielle Lötverfahren spezialisiert und verfügen über relevantes Anwenderwissen zu Lötverfahren an den Maschinen. Spezifische Lötverfahren erfordern Anlernzeiten von etwa sechs bis zwölf Monaten. Einige Beschäftigte, wie die Teamleitungen, wurden zudem von den Herstellern der Anlagen geschult, um kleinere Programmierungen beim Umrüsten

vornehmen zu können. Die technischen Kenntnisse der Beschäftigten in der SMT-Bestückung gehen weit über ein Bedienerwissen hinaus. Die Grundlagen sind gängige Office-Programme und SAP-Kenntnisse, die Beschäftigte oft ohne eine spezielle Schulung erwerben, und ein grundlegendes Programmierwissen. Mit der Einführung neuer Maschinen kommen dann herstellerepezifische Kenntnisse über die jeweiligen Funktionen und Besonderheiten in der Bedienung der SMT-Linien hinzu, die zur Entstörung der Anlage erforderlich sind. Leihkräfte arbeiten kaum an den automatisierten Bestückungsanlagen, weil Führungskräfte den Aufwand für das Anlernen mit den Vertragsfristen als zu hoch und zu unrentabel einschätzen. Wenn, dann übernehmen sie manuelle Zuarbeiten bei Umrüstungen, die kaum ein intensiveres Anlernen erfordern.

Die Einschätzungen zu den Anforderungen in der SMT-Bestückung weichen je nach Perspektive ab. Beispielsweise betonen die Führungskräfte, dass die Beschäftigten mehr Kenntnisse als bisher benötigten, da die Maschinen immer komplexer werden. Beschäftigte nehmen eher eine Vereinfachung wahr, weil alles visualisiert und schneller erlernbar ist als bisher.

„Alles ist vereinfachter als zuvor und alles ist auf Bildschirmen visualisiert, so dass die Arbeitsschritte leichter fallen.“ (F1 Bestückung 3 Protokoll Beobachtungsinterview)

„Da brauchen die Leute schon ein bisschen mehr Kenntnisse. Die Dauer es zu lernen, kommt auf die Komplexität an. Das kann ich nicht sagen, das kann auch mal länger sein als ein halbes Jahr. Möchte ich auch die Störung beseitigen können und da ist natürlich dann nachher mehr (Entgelt) drin. Und so eine Störungsbeseitigung, bis man nachher alles durchhat, um da sehr, sehr selbständig zu arbeiten, also ein richtiger Maschinenbediener zu sein, da brauchst Du schon im SMT-Bereich eine Ausbildung und Erfahrungen. Da bist Du mit einem Jahr dabei.“ (F2 Bestückung 3 #00:44:37-1#)

“Klar hatte ich dann das Wissen, wie muss eine Leiterplatte aussehen, was sind Bauteile, hab’ das elektrische Verständnis, was eine Leiterplatte, wie alles funktioniert. Das technische Wissen, muss ich sagen, hat ganz bei null angefangen damals, als ich angefangen habe in der SMT. Ich hatte mich nämlich aus dem Prüffeld heraus entwickelt. Das technische Wissen zu SMT war komplett bei null.“ (F2 Bestückung Teamleitung #00:14:07-0#)

“Es ist im Endeffekt jeder, der da hinkommt. Es kann eigentlich jeder machen, der halbwegs klar im Kopf ist, sag ich mal ganz blöd. Der fit ist und auch bisschen kombinieren kann mit „das Problem, das“ und so. Und so habe ich auch angefangen. Man hat sich dann auch interessiert, sonst hätte ich das damals auch nicht gemacht. Interesse an den Maschinen und man sieht auch, dass SMT die Zukunft ist. Irgendwann werden die Bauteile immer kleiner und dann gibt es nur noch SMT. Und mir macht das einfach Spaß und ich hab’ das Interesse gezeigt. Andere hätten sich gleich hingeworfen und sich auf SAP beschränkt. Und das fand ich jetzt im Nachhinein auch richtig so, dass ich das gemacht hab’, egal, ob Software oder Hardware. Wobei Hardware nur das normale Bedienen ist und alle Störungen an der Hardware macht weiter die Instandhaltung.“ (F2 Bestückung 1 #00:17:10-1#)

In der SMT-Bestückung kommt es zu einer Ausdehnung der automatisierten Fertigungslinien und zu einer digitalen Vernetzung mehrerer SMT-Linien zu einem Bestückungssystem. Eine SMT-Linie besteht aus mehreren Maschinen wie Bestück-Automaten, Lötanlagen und verschiedenen Transporteinrichtungen, die einzeln programmiert und miteinander verbunden sind. Die Anlagen sind so programmiert, dass sie Daten im automatisierten Bestück-Prozess sammeln und mit anderen Berechnungssystemen in der Produktion und Logistik in Zusammenhang bringen. Somit entstehen

Informationen zur Auftragslage und Maschinenauslastung, die eine Anpassung der Rüstplanung ermöglichen. Aufgrund der datenbasierten Bewertung könnten laut Expert*innen die Produktionsprozesse weiter standardisiert und damit der Aufwand für Rüstwechsel minimiert werden. Die verantwortlichen Beschäftigten benötigen hierfür nicht nur das grundlegend erforderliche Bediener- und Steuerungswissen für Maschinen und Anlagen, sondern auch ein grundlegendes Verständnis für die spezifischen Produktionsprozesse und für die jeweiligen Maschinen. Hinzu kommt ein ausgeprägtes IT-Grundverständnis mit Programmierwissen.

Erfahrene Beschäftigte betonen, dass die Häufigkeit manueller Eingriffe abnimmt und sie vermehrt Wissen über spezifische Produktionsprozesse und technisches Wissen zu einzelnen Maschinen und Komponenten sowie ein ausgeprägtes Software- und Programmierwissen für die Maschinen- und Anlagenbetreuung benötigen. Nur einige wenige erhalten Chancen zur Qualifikation, um sich dieses neue Wissen in Schulungen anzueignen. Es handelt sich vorwiegend um jüngere Fachkräfte, die von Führungskräften für die Teilnahme an externen Herstellerschulungen ausgewählt werden und sich grundlegendes Programmierwissen aneignen konnten.

„Jetzt müssen die Maschinenbediener mit den Maschinendaten arbeiten. Da braucht er schon mehr Kenntnisse als bisher.“ (F2 Bestückung Führungskraft #00:40:31-1#)

„Wie müssen technisches Wissen über Maschinen haben und Softwarewissen. Das ist nicht das Gleiche, aber beides greift ineinander.“ (F1 Bestückung Protokoll Beobachtungsinterview)

Die Vernetzung und Programmierung der SMT-Anlagen führen akademisch ausgebildete Fachkräfte durch, die für die Steuerung der Fertigungs- oder Verfahrenstechnik qualifiziert sind. Die Tätigkeiten dieser Fachkräfte sind in den Stellenbeschreibungen charakterisiert durch mehr Anteile zur Problemlösung und weniger Routineanteile. Das Aufgabenspektrum beinhaltet zum Beispiel komplexe Software-Anwendungen auf Basis von Berechnungen und die Zuordnung von Daten zu Bauelementen, entsprechenden Leiterplatten und die Auftragsbearbeitung nach Effizienzkriterien. Die Ausführung der Aufgaben findet eher in typischen Büroumgebungen mit PC statt, nur bei Störungen sind die Fachkräfte im direkten Produktionsprozess sichtbar vor Ort tätig. Sie erproben zudem in speziellen Räumen Simulationen auf Basis der neuen Datenlage, um mögliche Abfolgen der Fest- und Variantenrüstungen optimal zu gewichten.

4.2.1.6 *Umsetzungsstand Industrie 4.0 in der Bestückung*

Im vertieft untersuchten Betrieb A sind in der Bestückung verschiedene Entwicklungslinien der Technologien ersichtlich. Es gibt Hinweise auf kontinuierliche Weiterentwicklungen, die sich in der Bestückung anhand der unterschiedlichen Verfahrensweisen wie der THT- und SMT- Bestückung nachzeichnen lassen. Die kontinuierlich weiterentwickelten Verfahrensweisen wirken sich auf die Arbeit der Beschäftigten in der Bestückung aus. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich gezeigt, dass die Bestückung elektronischer Leiterplatten mit Bauelementen durch eine kontinuierlich ansteigende Automatisierung gekennzeichnet ist.

Im vertieft untersuchten Betrieb A arbeiteten noch kurz vor Beginn der Studie viele angelernte Beschäftigte ohne technische Bestückungshilfen und führten an Einzelarbeitsplätzen ausschließlich manuelle Tätigkeiten aus. Nach Einführung der THT-Verfahren änderte sich dies und am Ende der Studie erledigten nur noch rund die Hälfte aller Beschäftigten in der Montage ausschließlich manuelle Tätigkeiten. Die andere Hälfte wurde für die Arbeit an den THT-Maschinen qualifiziert. Sie sind in der Lage, an getrennten Maschinen und Automaten entweder die Bestückung oder das Lötverfahren durchzuführen. Seit einigen Jahren arbeiten in der SMT-Bestückung ausgebildete Fachkräfte und steuern die miteinander verketteten SMT-Anlagen. Die Einführung von SMT-Verfahren hatte bereits zu einer Abnahme der manuellen Tätigkeiten geführt, wobei manuelle Bestückungsaufgaben in der THT erhalten blieben. Diese beiden Entwicklungen zeichneten sich bereits vor der Industrie 4.0-Debatte ab.

In der Bestückung führt sich mit Beginn der Industrie 4.0-Debatte mit jeder weiteren Einführung neuer SMT-Bestückungsanlagen die Automatisierung kontinuierlich fort. Außerdem ist in der THT-Bestückung ein wachsender Technikeinsatz erkennbar, der den Automatisierungsgrad zusätzlich ansteigen lässt und manuelle Tätigkeiten sukzessive zurückdrängt. Mit dem zunehmenden Einsatz von SMT-Anlagen verändern sich die Anforderungen an die Beschäftigten. Die Bedienung und Steuerung der automatisierten Anlagen wird von Fachkräften übernommen und manuelle Arbeit gerät ins Abseits und bleibt als Back-up für Produktionsspitzen erhalten.

Im Kontext von Industrie 4.0 kommt es in der Bestückung nicht zu technischen Pilotprojekten und Testungen, sondern zu Anpassungen in der Arbeitsorganisation. Allerdings zeigen sich im Rahmen der übergeordneten Datenstrategie im Werk mehrere neue Ansätze für die Datenerfassung in der Bestückung. Zum Beispiel verdeutlicht sich im Verlauf der Untersuchung, dass die Programmierungen in den SMT-Linien auf die Sammlung von technischen Daten ausgerichtet sind, die für die Prozessplanung in der Logistik und Instandhaltung sowie für die gesamte Produktionsplanung relevant sind. Die Vernetzung der automatisierten SMT-Linien mit weiteren Abteilungen wie der Logistik erfolgt sukzessive.

Die Vernetzungsgrade innerhalb der Bestückung sind unterschiedlich. In der SMT-Bestückung zeigen sich ganze Bestückungssysteme. Zu einem Bestückungssystem gehören mehrere SMT-Linien. Eine SMT-Linie besteht aus mehreren Maschinen, wie Bestück-Automaten, Lötanlagen und verschiedenen Transporteinrichtungen, die einzeln programmiert und miteinander verbunden sind. Die Anlagen sind so programmiert, dass sie Daten im automatisierten Bestück-Prozess sammeln und mit anderen Berechnungssystemen in der Produktion und Logistik in Zusammenhang bringen. Somit entstehen Informationen zur Auftragslage und Maschinenauslastung, die eine Anpassung der Rüstplanung ermöglichen. Aufgrund der datenbasierten Bewertung können laut Expert*innen die Produktionsprozesse weiter standardisiert werden, was den Aufwand für einen Rüstwechsel minimiert. Im Gegensatz dazu ist die Vernetzung der THT-Bestückung nur schwach ausgeprägt, aber auch vorhanden. In der THT-Bestückung zeichnet sich eine zunehmende Datennutzung ab. An den Trays sind bereits Strichcodes angebracht, die mit Anwendungen in der Logistik vernetzt sind. Aufgrund unvollständiger Programmierungen und Schwierigkeiten an technischen Schnittstellen im Logistik- und

im Fertigungssystem kam es noch nicht zu einer Vernetzung. Mit der weiteren Umsetzung ist eine automatisierte Anlieferung der Bauteile geplant. Damit steigen insgesamt die Sammlung und die Nutzung der Maschinendaten für die Optimierung der Produktionsprozesse in der Bestückung an. In methodischer Hinsicht stoßen Arbeitsplatzbeobachtungen hier an ihre Grenzen, denn diese komplexen Programmierungen sind kaum sichtbar und laufen im Hintergrund ab. Erkennungsmerkmale sind lediglich die Strichcodes an den Trays. Deshalb war hier eine Rekonstruktion der Vernetzung in den Interviews erforderlich.

Laut der befragten Expert*innen, die sich mit der Umsetzung von Digitalstrategien befassen, ist die Vernetzung der automatisierten Anlagen darauf ausgerichtet, mehr Prozesssicherheit in der Produktion zu erreichen und dauerhaft die Kosten für die Bestückung der Leiterplatten zu senken. In der SMT-Bestückung geht es zudem darum, mit datengestützten Berechnungen Stillstände während der Umrüstungen zwischen verschiedenen Bestückungsaufträgen zu reduzieren, so dass Festrüstungen zunehmen. Nur bei kleinen Losgrößen bleiben zukünftig Variantenrüstungen an SMT-Linien relevant. Die Expert*innen rechnen weiterhin mit Variantenrüstungen, bei denen manuelle Eingriffe erforderlich bleiben, die allerdings kurzfristiger als zuvor erfolgen müssen. Sie weisen darauf hin, dass im Hintergrund komplexe Programmierungen dazu laufen, die möglicherweise in Beobachtungen der Arbeitsplätze kaum sichtbar sind.

Aus Sicht der befragten Expert*innen für Changemanagement und Personalentwicklung ist aufgrund der technischen Weiterentwicklung der Produktionsverfahren mit einer Verschiebung der Qualifikationsanforderungen für Beschäftigte in der Bestückung zu rechnen. Die befragten Expert*innen erwarten zwar einen weiteren Rückgang der manuellen Bestückungstätigkeiten, den sie aber nicht als negative Entwicklung interpretieren. Mit dem zunehmenden Technikeinsatz in der Bestückung, wie etwa Automaten und Selektivlötmaschinen, ändern sich auch die Anforderungen an die Beschäftigten. Neben motorischen Fähigkeiten ist zunehmend technisches Wissen im Arbeitsprozess für die Bedienung der Bestück-Automaten und Selektiv-Lötmaschinen erforderlich. Obwohl die Beschäftigten die Leiterplatten weiterhin noch manuell bestücken, benötigen sie zusätzlich technisches Wissen über die Bedienung der Bestück-Automaten oder Selektiv-Lötmaschinen. Das kann nach Ansicht dieser Expert*innen die Arbeit aufwerten.

Aus Sicht der befragten Führungskräfte steht die Stabilität der Produktionsprozesse und die Qualitätssicherung der Produkte im Vordergrund. In der Automatisierung und Vernetzung sehen sie keine Gefährdung der Arbeit, vielmehr betonen sie die Vorteile für die Beschäftigten in der Bestückung. Für die Steuerung und Kontrolle der SMT-Anlagen sind technisch ausgebildete Fachkräfte zuständig. Für diese Fachkräfte gibt es regelmäßig Angebote zur Qualifizierung. Vor der Einführung der neuen SMT-Anlagen haben Vorgesetzte einige Beschäftigte ausgewählt und proaktiv angesprochen, ob sie sich weiterentwickeln wollen. Insbesondere sehen sie in jüngeren Beschäftigten viele Potenziale und geben ihnen vermehrt die Chance, sich mit einer Ausbildung wie Maschinen- und Anlagenbedienung formal weiter zu qualifizieren. Die Ausbildung befähigt und berechtigt Beschäftigte zur Steuerung und Bedienung der Maschinen und Anlagen in der SMT-Bestückung. Technisch ausgebildete Fachkräfte, die

mit automatisierten und vernetzten Anlagen in der SMT-Bestückung arbeiten, erlernen zusätzlich die Programmierung der Anlagen und erhalten dadurch auf internen und externen Arbeitsmärkten Aufstiegschancen. Auch die Beschäftigten in der THT-Bestückung erhalten intern spezielle Angebote, sich an den neuen Automaten und Maschinen weiterzuentwickeln und sich zunehmend technische Kenntnisse für die Bedienung anzueignen.

Aus Sicht der Beschäftigten in der Bestückung ist ein erhöhter Automatisierungs- und Vernetzungsgrad in der SMT-Bestückung wahrnehmbar. Sie betonen, dass die Häufigkeit manueller Eingriffe abnehme und sie vermehrt Wissen über spezifische Produktionsprozesse und technisches Wissen zu einzelnen Maschinen und Komponenten sowie ein ausgeprägtes Software- und Programmierwissen für die Maschinen- und Anlagenbetreuung benötigen. Die Beschäftigten benennen eine Aufspaltung der Anforderungen in der Bestückung, da nicht alle im Team gleichermaßen die Chance zur Arbeit an neuen Maschinen und Anlagen erhalten. Aus Sicht der Beschäftigten sind die neuen Entwicklungen ambivalent. Ein Teil der Beschäftigten in der THT-Bestückung spricht von „meiner Maschine“. Sie kennen die Maschine inzwischen so gut, dass sie vor den Signalen der Maschine wissen, welche Teile gebraucht werden und kommen den Signalen der Maschine zuvor, um die Materialzuführungen nicht leerlaufen zu lassen oder den Bestückungsprozess nicht aufzuhalten. Andere betonen überraschenderweise, dass sie eine manuelle Bestückung ohne technische Unterstützung als effektiver und schneller wahrnehmen und dieses Vorgehen deshalb bevorzugen. Sie bemängeln, dass allein die Materialzuführung am Automaten mehr Zeit benötige und zudem Unterbrechungen im Arbeitsablauf durch technische Störungen an neu eingeführten Maschinen wegfallen. Abhängig vom Material und der Auftragsmenge sind Beschäftigte in der manuellen Bestückung oft schneller als die Beschäftigten am Bestück-Automaten, weil sie das benötigte Material gleich herausnehmen und die Leiterplatten bestücken.

Gleichzeitig nehmen die Befragten einen Anstieg der Anforderungen im Arbeitsprozess wahr, der zu Stressmomenten führen kann. Besonders am Anfang erleben die Beschäftigten den Umgang mit neuen Displays an den Maschinen noch als eine Herausforderung. Die Displays ähneln der Menüführung eines Druckermenüs, sind aber in englischer oder japanischer Sprache angezeigt. Es ist eine eigenständige Übersetzungsleistung der Bedienmenüs erforderlich oder eine gute Merkfähigkeit für die richtige Abfolge in der Tastenbedienung. Einige Beschäftigte reflektieren darüber, dass sich mit der Einführung der neuen Maschinen der Austausch im Arbeitsprozess zwischen den Beschäftigten der Bestückung und der Intralogistik minimiert hat.

Aus Sicht der befragten Betriebsräte besteht das Risiko einer Verbilligung der Arbeit im Bereich der formal gering qualifizierten Beschäftigten. Insbesondere wenn die Arbeit in der Bestückung so gestaltet ist, dass Leihkräfte innerhalb kurzer Zeit ohne Vorkenntnisse die Arbeitsprozesse erlernen, könnte der verringerte Aufwand beim Anlernen womöglich ein geringeres Einkommen rechtfertigen oder durch erhöhten Einsatz der Leihkräfte zu einer Verbilligung der Arbeit führen. Sie rechnen mit einer weiteren Abnahme der manuellen Arbeitsplätze in der THT-Bestückung und einer Zunahme an Aufträgen, die über SMT-Verfahren erledigt werden. Mit dem zunehmenden Einsatz automatisierter Linien zeichnet

sich demzufolge ein weiterer schleichender Rückgang manueller Tätigkeiten in der Bestückung ab. Andererseits sehen Betriebsräte die Chancen in der Bedienung der neuen technischen Anwendungen und erkennen eine Aufwertung der Arbeit in der Bestückung. Mit der Einführung neuer THT-Automaten und Lötanlagen erhalten An- und Ungelernte sukzessive die Chance, sich in internen Trainings technisches Wissen für die Bedienung anzueignen (Upskilling). Direkt im Arbeitsprozess erlernen sie den Umgang mit dem neuen Bestückungsautomaten durch vorab geschultes Personal. Die kurze Einführung erleben Beschäftigte gerade zu Beginn als Stress, aber nach einiger Gewöhnung empfinden sie die Arbeit mit dem THT-Bestückungsautomaten als eine Erleichterung und Entlastung.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich für die Bestückung des vertieft untersuchten Betriebes zunehmende Automatisierungs- und Vernetzungsgrade im Kontext von Industrie 4.0 abzeichnen. Allerdings handelt es sich in der Bestückung um technische Weiterentwicklungen und deshalb steht nicht jede Investition in die Einführung neuer Maschinen und Anlagen unmittelbar mit der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen im Zusammenhang. Es handelt sich eher um nachgeholte Anpassungen an den neuen Stand der Technik, die in kontinuierlichen Abständen üblich sind. Im Zusammenhang mit Industrie 4.0-Ansätzen steht deshalb weniger die fortschreitende Automatisierung, sondern vor allem die Vernetzung von automatisierten Bestückungssystemen. Im vertieft untersuchten Betrieb A ist bisher noch keine vollständig bereichsübergreifende Vernetzung automatisierter Prozesse erkennbar, sondern die Ansätze beziehen sich auf Teilsysteme der Bestückung, die mit einigen anderen Systemen entlang der Wertschöpfung umgesetzt sind.

In der SMT-Bestückung deuten sich datengestützte Vereinfachungen der Umrüstungen an den Anlagen an. Weniger Umrüstungen könnten einen Wegfall manueller Arbeitsschritte für formal geringqualifizierte Beschäftigte zur Folge haben. Auf der anderen Seite kommt es zu einem erkennbaren Anstieg der Anforderungen an die Arbeit an SMT-Linien, denn hier sind vermehrt Programmierkenntnisse erforderlich. Die Maschinen- und Anlagenbedienung erfordert eine Qualifizierung der Beschäftigten. Eine Ausbildung zu einer oder einem Maschinen- und Anlagenbediener*in wird angeboten und soll zur Steuerung und Bedienung der Maschinen und Anlagen befähigen. Diese Angebote sind vorwiegend auf den jüngeren Nachwuchs zugeschnitten. Manuelle Eingriffe bleiben weiterhin erforderlich, müssen allerdings kurzfristiger als zuvor erfolgen und können zu mehr Stress in den Arbeitsprozessen führen.

In der THT-Bestückung zeichnet sich der Einsatz von Assistenzsystemen bei manuellen Tätigkeiten ab. Dabei spielen neben feinmotorischen Fähigkeiten zunehmend mehr technische Kenntnisse zu den Funktionsweisen der Maschinen eine Rolle. Gerade bei Abweichungen im Arbeitsprozess stellt sich heraus, dass neben dem technischen Wissen über die grundlegenden Funktionen der Maschinen das Erfahrungswissen für die Bewältigung von Störsituationen erforderlich ist. Weiterhin deutet sich ein weiterer Rückgang manueller Arbeit durch vermehrte SMT-Bestückung an und die manuelle Bestückung ohne technische Unterstützung bleibt vorläufig nur als Back-up erhalten. Hier besteht das Risiko einer Verbilligung von Arbeit, wenn Leihkräfte in der THT-Bestückung nur in der manuellen Montage ohne technische Unterstützung eingesetzt werden und sie keine Maschinen bedienen. Das hält den Aufwand

des Anlernens gering und rechtfertigt ein geringes Einkommen, da eine Leihkraft in der Maschinenbedienung mehr Einkommen als in der manuellen Bestückung erhalten würde.

In der Bestückung lassen sich unterschiedliche Automatisierungsgrade und eine zunehmende Vernetzung ausmachen, die zu einer Verschiebung der Tätigkeiten in der Bestückung führt. Es kommt zu einer Aufspaltung der Anforderungen bei den Beschäftigten in der Bestückung, weil nicht alle gleichermaßen für die Arbeit an neuen Maschinen und Anlagen befähigt werden. Nur einige wenige erhalten Chancen zur Qualifikation, um sich in Schulungen neues Wissen anzueignen. Es handelt sich vorwiegend um jüngere Fachkräfte, die von Führungskräften für die Teilnahme an externen Herstellerschulungen ausgewählt werden und sich grundlegendes Programmierwissen aneignen konnten. Angelernte in der SMT-Bestückung haben nur wenige Möglichkeiten, sich für neue Tätigkeiten an den Maschinen und Anlagen zu qualifizieren und sich systematisch neues Wissen für die Bedienung der neuen SMT-Anlagen anzueignen. Da einige manuelle Handgriffe technisch schwer zu automatisieren sind, bleiben den Angelernten nichtautomatisierbare Resttätigkeiten wie das Beladen bei Nach-/Umrüstungen an SMT-Linien. In der THT-Bestückung haben ausgewählte Beschäftigte die Möglichkeit, sich auf neue Tätigkeiten an den Maschinen und Anlagen vorzubereiten und sich zu qualifizieren, auch wenn sie zur Gruppe der Angelernten gehören. Es gibt spezielle Angebote für das Erlernen der Bedienung der THT-Automaten. Die Chancen im Sinne der Beschäftigten liegen in den Grenzen der technischen Verfahren. Bei kleineren Losgrößen und bei einigen Erzeugnissen kommen automatisierte SMT-Anlagen an ihre technischen Grenzen und es ist dadurch weiterhin manuelle Arbeit erforderlich. Außerdem stellte sich heraus, dass das Erfahrungswissen ein zentraler Aspekt für die Bewältigung der technischen Störsituationen sowohl in der THT als auch in der SMT ist, was aber monetär kaum in den Entgeltstufen verankert ist. Welche Konsequenzen die unterschiedlichen Chancen zur Qualifizierung auf die Lernbereitschaft haben, ist im Kapitel 6 ausführlich dargestellt.

4.2.2 Portrait 2: Arbeit in der Montage

Die Arbeit in der Montage ist wie die Bestückung der direkten Produktion zugeordnet und ein zentraler Teilbereich der Fertigung. Die Aufgabe in der Montage besteht darin, vorbereitete Komponenten und Baugruppen unterschiedlicher Größen zu einem fertigen Erzeugnis zusammenzufügen. Bis kurz vor Studienbeginn haben die Beschäftigten die Montage mit der Unterstützung von Assistenzsystemen ausgeführt, indem sie die Komponenten manuell zusammengefügt und komplementiert haben.

4.2.2.1 *Arbeitsorganisation in der Montage*

Die Arbeit in der Montage elektronischer Erzeugnisse erfolgt in der Regel nach der Bestückung und beansprucht im Durchschnitt rund die Hälfte der geplanten Fertigungszeit. Da die Montage am Ende der Produktionskette stattfindet, zeigen sich Fehler wie Qualitätsmängel oder Funktionsstörungen erst an den fertigen elektronischen Erzeugnissen. Die Arbeitsbedingungen in der Montage unterscheiden sich kaum von der Bestückung in Inselfertigung und die Beschäftigten sind überwiegend Angelernte ohne

eine formale Qualifikation (formal gering qualifiziert). Für die Tätigkeit in der hybriden Montage mit Robotern sind wiederum vorwiegend technisch ausgebildete Fachkräfte tätig.

In den Abteilungen arbeiten die Beschäftigten in drei Schichten. Im Hinblick auf die technischen Verfahren haben sich inzwischen die Roboteranwendungen auch für die Montage kleinteiliger Elektronikzeugnisse weiterentwickelt. In der hybriden Montage arbeiten die Fachkräfte erst seit kurzem in einem Kompetenzteam zusammen, das sich ausschließlich mit der Einführung, Programmierung und Entstörung der neu eingeführten Roboter befasst. Der Altersdurchschnitt in der Abteilung liegt bei rund 45 Jahren und das geschlechtsspezifische Verhältnis liegt bei 60 Prozent männlichen zu 40 Prozent weiblichen Arbeitskräften.

In Betrieb A ist die Arbeit in der Montage ähnlich wie in der Bestückung arbeitsteilig und hierarchisch organisiert. Die manuelle Montage ist als sogenannte Inselfertigung organisiert, bei der zusammengehörige Montageschritte arbeitsteilig auf mehrere Montagestationen gruppiert sind und die Arbeitsschritte durch Assistenzsysteme vorgegeben sind. Die einzelnen Arbeitsplätze in der manuellen Montage sind technisch vernetzt. Für die Steuerung der Maschinen und Anlagen oder die Qualitätskontrollen im Prüffeld sind technisch ausgebildete Fachkräfte verantwortlich.

Die Arbeitszeit in der Montage ist in drei Schichten organisiert. Zu Schichtbeginn stimmen sich die Beschäftigten in den Montageteams über die Einteilung an den verschiedenen Montageteischen ab. Meistens teilen sie sich selbst so ein, dass sie das erledigen, was sie nach eigener Einschätzung am besten können. Das akzeptieren die Teamleitungen. In einer Schicht arbeiten die Beschäftigten der manuellen Montage in kleinen Teams zusammen. Den Teams sind sechs bis acht Beschäftigte zugeordnet.

“Wir treffen uns zu Schichtbeginn und es gibt Leute, denen liegt die eine Baugruppe mehr und es gibt Leute, denen liegen die Kappen mehr. Es gibt Leute, die sind flink an der Komplettierung. Und dann sprechen wir uns untereinander ab, wie wir am besten die Stückzahlen rauskriegen und wie wir uns am besten aufteilen. Es gibt schnelle und es gibt langsame. Mit Kollegen tauschst du mal. Dann macht die mal das und am nächsten Tag kannst du wieder zurücktauschen.“ (F2 Montage 1 #00:07:22-3#)

In der manuellen Montage arbeiten die Beschäftigten seit längerem in kleinen Teams zusammen. Die Teams bestehen aus ca. acht Personen pro Schicht. Die fachlich ausgebildeten Teamleitungen steuern die Teams operativ im Arbeitsprozess, gehören aber formal nicht zu den Führungskräften. Sie greifen nur unterstützend bei bestimmten Problemen im Arbeitsprozess ein. Die Teamleitungen, die für die Aussteuerung der Fertigungsinseln verantwortlich sind, haben deshalb ihren Arbeitsplatz in unmittelbarer Nähe zu den Arbeitsplätzen, um bei Problemen schnell eingreifen zu können. Die Teamleitung ist darüber hinaus für den Teamzusammenhalt verantwortlich, denn besonderes in der Inselfertigung besteht eine Tendenz zum Einzelkämpfertum. An ihrem Arbeitsplatz erstellen die Teamleiter Schicht- und Urlaubspläne mit den üblichen PC-Anwendungen und sind an einer breiten Kompetenzentwicklung des Teams interessiert und wie sie die Beschäftigten flexibel einteilen können. Die Teamleitungen sind oft technisch ausgebildete Fachkräfte mit Kenntnissen über Maschinen und Anlagen und viel Erfahrungswissen über den gesamten Montageprozess.

Innerhalb des Teams in der Inselfertigung rotieren die Beschäftigten regelmäßig und übernehmen dadurch unterschiedliche Teilaufgaben im gesamten Montageprozess. Zeitweise verstärken Leihkräfte die Teams. Die Anzahl von Leihkräften variiert zwischen ein und drei Leihkräften pro Schicht und pro Team. Die Leihkräfte haben befristete Verträge bis zu 18 Monaten und werden überwiegend in der manuellen Montage eingesetzt. Beim Einstieg sind die Leihkräfte auf das Zeigen und Erklären der manuellen Arbeitsschritte angewiesen. Für das Anlernen sind vier bis sechs Wochen vorgesehen. Festangestellte Beschäftigte, die bereits länger in der Montage tätig sind, erklären sich entweder freiwillig bereit oder werden von der Teamleitung ausgewählt. Einige Leihkräfte verfügen aber auch schon über Vorkenntnisse in der manuellen Montage, weil sie bereits mehrfach über Zeitverträge in Produktionsbetrieben tätig waren.

Den Teams in der Montage sind mehrere Führungsebenen übergestellt, die für mehrere Teams und deren Kompetenzentwicklung verantwortlich sind. Die Gruppenleitungen etwa entscheiden bei größeren Störsituationen in Absprache mit den Teamleitungen, wie mit dem Problem umgegangen wird. Übergeordnet sind auch Abteilungsleitungen, die an die Fertigungsleitung berichten. In dieser Ebene sind Führungskräfte disziplinarische Vorgesetzte, die insbesondere für die Qualifizierung der Beschäftigten in der Montage zuständig sind und Einfluss auf die Umsetzung der Industrie 4.0-Ansätze nehmen können. Außerdem ist diese Führungsebene verantwortlich für die Entwicklung der Abteilung und hat in ihren Arbeitsprozessen große Handlungs- und Entscheidungsspielräume.

4.2.2.2 Arbeitsprozesse in der manuellen Montage mit Assistenzsystemen

Die Arbeitsprozesse in der manuellen Montage bestehen darin, innerhalb vorgegebener Zeiten die vorbereiteten Komponenten und Baugruppen unterschiedlicher Größen zu fertigen Endgeräten zusammenzufügen. An ergonomisch gestalteten Arbeitsplätzen mit höhenverstellbaren Montagetischen, – die an kleine Werkbänke erinnern, – führen die Beschäftigten ihre Tätigkeit im Stehen oder im Sitzen aus. Im Montageprozess werden unterschiedliche Teile aus vorherigen Fertigungsprozessen zu fertigen Erzeugnissen zusammengefügt, bevor sie zur Qualitätskontrolle und in den Versand gehen. Die Arbeit ist körperlich nicht anstrengend, erfordert aber ein gewisses Fingerspitzengefühl, da die Bauteile sehr klein sind.

Für die Ausführung der Arbeitsprozesse in der manuellen Montage kommen seit längerem sogenannte stationäre Assistenzsysteme zum Einsatz, die auch als *digitale Werkerführung* bekannt sind. Diese Assistenzsysteme sind fest in die Arbeitsstationen implementiert und bestehen aus mehreren Teilsystemen. An den jeweiligen Montageplätzen sind drei bis vier Monitore (M1-M3) mit verschiedenen Funktionen installiert. Ein seitlich angebrachter Monitor (M1) zeigt Daten zur ausstehenden Auftragsmenge, Auftragsart und zum Bearbeitungsstand an. Die Beschäftigten bestätigen per Touchscreen und per Scan die Annahme des jeweiligen Arbeitsauftrags, so dass der Transport des zu montierenden Bauteils ausgelöst wird und auf einem kleinen Fließband angefahren kommt. Eine befragte Person, die täglich mit diesem System arbeitet, beschreibt das System wie folgt:

“Der eine Bildschirm (M1) ist da für die Automatisierung am Fließband. Genau wenn die Teile da hinkommen, dann die BM-Nummer, die brauchst du dann eigentlich nur einscannen. Der übernimmt das in dem Moment dann in den anderen Bildschirm. Wenn der das eingescannt hat, klappt dein Tool schon auf und dann zeigt er dir, was du jetzt machen musst. Das macht der dann auch alles automatisch.“ (F2 Fertigung Montage #00:32:06-4#)

Bevor die Beschäftigten das Bauteil entnehmen, öffnet sich auf einem zweiten Monitor in der Mitte des Arbeitstisches eine grafische Arbeitsanleitung (M2), die den Beschäftigten anzeigt, wie sie jeden einzelnen Arbeitsschritt ausführen sollen.

“Da ist ein Bildschirm in der Mitte (M2), wo dann immer angezeigt ist, wo denn die Schraube hinkommt, welches Material du nehmen musst, es ist alles beschrieben und anhand des Tools kannst du wirklich das komplett ohne Vorkenntnisse nacharbeiten. Das heißt, ich muss dann schon wissen, wie starte ich die PCs und die relevanten Programme, wie ruf ich das alles auf und dann muss ich ja eigentlich nur noch dem Ablauf folgen. Das ist einfach von der Bedienung, auch der Scanner, den brauchst du ja auch. Bei uns ist es ein Bild, wo draufsteht: du musst jetzt bei 3.7 die Schraube nehmen und die kommt da und da hin und bei 1.5 nimmst du die Frontfolie zum Beispiel vollkommen automatisch auf.“ (F2 Montage 1 #00:33:52-0#)

Um sicherzustellen, dass die Beschäftigten die richtigen Teile hinzufügen, blinken zusätzlich kleine Lämpchen an Materialkästchen mit Klein- und Kleinstteilchen, die in unmittelbarer Nähe zum Arbeitsplatz liegen. Dieses sogenannte *Pick-by-Light* System (M3) ist ebenfalls direkt am Arbeitstisch über der Montagefläche angebracht. Größere Materialteile sind mit Nummerierungen oder Strichcodes versehen und befinden sich in kleineren Zwischenlagen, die mit kurzen Wegen erreichbar sind.

Im Montageprozess folgen die Beschäftigten Schritt für Schritt der vorgegebenen Reihenfolge und fügen mit ihren Händen die Komponenten zusammen. Sie nutzen dafür Werkzeuge wie kleine Akkuschrauber o. ä., die ebenso am Arbeitsplatz installiert sind. Nach jedem Montageschritt bestätigen sie die Ausführung im stationären Assistenzsystem (M2) und erhalten ein technisch generiertes Feedback in Form von Häkchen und in einigen Systemen auch in Form von Smileys. Motiviert fühlen sich die Beschäftigten jedoch eher von den Anzeigen über die ausstehenden Arbeitsaufträge (M1). Die Kennzahlen bieten den Beschäftigten eine Orientierung, wie viele Arbeitsaufträge noch anstehen. Bevor die individuelle Montage an der ersten Station abgeschlossen ist, kleben die Beschäftigten ihre persönlichen Kennschilder mit einer Mitarbeiternummer auf das fertig montierte Erzeugnis. Das montierte Bauteil wird am Ende wieder am ersten Monitor (M1) per Scan bestätigt und fährt auf dem Fließband zur nächsten Station. Die Beschäftigten an der zweiten und später der dritten Station entnehmen das jeweils zuvor bearbeitete Werkstück wieder dem Fließband und bestätigen ebenso per Scan die Entnahme. Danach bearbeiten sie es Schritt für Schritt in der festgelegten Reihenfolge weiter. Schließlich gehen die fertig montierten Erzeugnisse zur Qualitätsprüfung in die Endrevision, die von technisch ausgebildeten Fachkräften wie etwa Elektriker*innen oder Elektrotechniker*innen ausgeführt wird.

Die Qualitätskontrolle am montierten Erzeugnis besteht darin, elektronische Funktionen mittels Displaytest oder Tastentest zu prüfen. Eine fehlerhafte Montage wird oft erst hier entdeckt, die

aufgeklebten Kennnummern an den Erzeugnissen ermöglichen die Rückverfolgung zur montierenden Person. Diese Prüfung ist eine wichtige Etappe, bevor die Erzeugnisse in die Logistik zur Verpackung und zum Versand kommen. Eine befragte Person formuliert das wie folgt:

“Jetzt kommt das ganze Gerät zu mir und sehe jetzt, oh da fehlt eine Schraube, dann brauch ich nur auf die Nummer gucken, dann weiß ich, wer das ist, und dann gebe ich das zurück oder mache selbst die Schraube rein. Wenn das einmal passiert, dann gehen wir zu Kollegen selbst hin.“ (F2 Endrevision Montage #00:53:05-8#)

Die Beschäftigten in der Endrevision gelten aus Sicht der befragten Führungskräfte als „verantwortungsbewusst“ und „qualitätsbewusst“ und das könnte ein möglicher Grund sein, dass sich Montagebeschäftigte durch die Kennschilder nicht kontrolliert fühlen. Auf Nachfragen berichten sie, dass durch die Kontrolle keine negativen Konsequenzen zu erwarten sind und betonen, dass sie die personalisierten Aufkleber als hilfreich für die Qualitätsverbesserung der Erzeugnisse ansehen, weil Fehler von der Endrevision direkt bemerkt und somit die Problemlösungen beschleunigt werden.

“Nee, also ich fühl mich persönlich nicht kontrolliert. Die anderen weiß ich nicht, aber ich glaube auch nicht (...) wir sind alle nur Menschen. Ich habe auch schon Fehler gemacht und mein Kollege kam zu mir. Was hast du mir da für Bockmist gegeben (...) Sollte es häufiger vorkommen, äh denn klar, dann hast du irgendwann die Faxen dicke, schätz ich mal und dann gehen sie irgendwann zum Teamleiter. Sowas muss auch zum Teamleiter gehen, dass die nächsten Male dann der Fehler nicht passiert.“ (F2 Montage #00:54:34-5#)

Den beschriebenen Montageprozess führen die Beschäftigten täglich wiederholt aus und fertigen auf diese Weise an einem Tag 40 bis 100 Erzeugnisse. Die täglichen Arbeitsroutinen werden lediglich von kleinen Pausen oder Gesprächen mit Logistikern unterbrochen, wenn Materialien für die Montage nachgeliefert werden oder wenn Instandhalter zur Reinigung bzw. zur Wartung der Geräte vorbeikommen. Für Abwechslung sorgt aus Sicht der Beschäftigten die Möglichkeit zur Rotation innerhalb der Montagestationen, so dass sich im täglichen Arbeitsablauf ein gewisses Maß an Abwechslung ergibt. Innerhalb eines Tages wechseln die Beschäftigten den Arbeitsplatz aber nicht.

Der Einsatz stationärer Assistenzsysteme erzeugt auch ambivalente Einstellungen seitens der Beschäftigten. Einige Beschäftigte befürworten den Einsatz, weil sie noch keine ausreichende Arbeitsroutine in der Montage entwickelt haben. Das betrifft oft die Leihkräfte oder Beschäftigte, die seit längerem nicht in der manuellen Montage eingesetzt worden sind. Bei erfahrenen Beschäftigten allerdings zeigt sich, dass die Assistenzsysteme kaum als Unterstützung für die Bewältigung der Aufgaben wahrgenommen werden. Die Beschäftigten haben über die Jahre ihre individuellen Arbeitsroutinen ohne technische Assistenten entwickelt und den Arbeitsprozess von A bis Z (Anschrauben, Prüfen und Zusammenbauen) verinnerlicht. Oft fühlen sich erfahrene Beschäftigte in ihrer Routine von den Assistenzsystemen gestört, weil diese Systeme permanent eingeschaltet sind. Diese Beschäftigten berichten, dass die Assistenzsysteme den Arbeitsprozess sogar verlangsamen, weil standardisierte Montageschritte nicht ihrem selbst entwickelten und gewohnten Muster entsprechen. Sie nehmen die Assistenzsysteme nur dann als Unterstützung wahr, wenn sie einen schlechten Tag haben oder aufgrund von zu häufigen Wechseln oder Urlaub usw. die Aufgabe länger nicht ausgeführt haben. Erfahrene

Beschäftigte können ihr Erfahrungswissen oft dann zum Ausdruck bringen, wenn das Assistenzsystem Montageanleitungen aufruft, die nicht zur Montage, der aktuell zu bearbeitenden Baugruppen passen. Diese Art von Störung tritt jedoch nur selten auf.

4.2.2.3 Anforderungen an die Beschäftigten der manuellen Montage

Die Anforderungen in der manuellen Montage liegen auf verschiedenen Ebenen. Es handelt sich zwar um repetitive Arbeitsprozesse, aber die Rotation an den Arbeitsstationen erfordert viel Flexibilität seitens der Beschäftigten, denn sie müssen verschiedene Arbeitsteilschritte des gesamten Montageprozesses beherrschen und überschauen. Für die Ausführung der Tätigkeit ist ähnlich wie in der Bestückung viel feinmotorisches Fingerspitzengefühl erforderlich, denn die Bauteile sind oft sehr klein und es kommt auf Genauigkeit an. Neben diesen motorischen Fertigkeiten sind aus Sicht der Befragten neuerdings vermehrt technische Bedienerkompetenzen relevant, um die verschiedenen Programme des Assistenzsystems zu aktivieren. Dabei handelt es sich um PC-Grundkenntnisse über drei bis fünf verschiedene Programme, die für den Umgang mit dem stationären Assistenzsystem im Montagevorgang erforderlich sind.

„Du bist in der Nachtschicht (...), wenn du kommst, ist alles zu und die PCs sind alle runtergefahren. Du musst wissen, wie du die alle hochfahren tust. Du musst wissen, wo die Programme sind. Das ist, um die Geräte zu verknüpfen. Das ist, um den Drucker damit du Schilder (personalisierte Leistungsschilder) gedruckt kriegst und das ist dein Tool zum Arbeiten (digitales Assistenzsystem) und das ist das SAP-Programm mit dem Drucker (...) Das vierte Programm ist, wenn du Waren bestellen musst, zum Abscannen. Ohne geht es nicht. Die musst du hundertprozentig wissen, auch wenn der PC mal abstürzt. Du fährst dann neu hoch und da musst du auch wissen, wo die Programme sind und welche du anklicken kannst und alles Mögliche. Sie haben ja schon alles vereinfacht (...) dass du nicht noch extra Passwörter haben musst. Aber die vier Programme sind die wichtigsten, dass du überhaupt erstmal anfangen kannst zu arbeiten.“ (F2 Montage 1 #00:28:31-1#)

Der Altersdurchschnitt in der manuellen Montage liegt bei ca. 45 Jahren und die überwiegende Anzahl der Beschäftigten, die bereits länger in der Abteilung arbeiten, wurde noch ohne technische Assistenzsysteme angelernt. Die Beschäftigten verfügen daher über viel Erfahrungswissen und halten die technisch gestützten Arbeitsanleitungen oft für einen überflüssigen Zusatz. Erfahrene kennen alle Arbeitsschritte über die Jahre auswendig und wissen genau, worauf sie bei der Montage achten müssen oder was mögliche Störquellen im Montageprozess sind. Über viele Jahre haben die Beschäftigten ihr Erfahrungswissen aufgebaut und durch die Rotation ein übergreifendes Verständnis der Zusammenhänge mit anderen Abteilungen bekommen. Auf diese Weise können sie zur Verhinderung größerer Störungen im gesamten Produktionsprozess beitragen. Zum Beispiel, wenn aus Versehen eine Montageanleitung aufgerufen wird, die nicht zur jeweiligen Baugruppe oder zum Bauteil passt und damit eine Störung verursacht. Solche Fehler bemerken ungeübte Anfänger in der Regel gar nicht oder erst sehr spät. Erfahrene Beschäftigte hingegen greifen auf ihr Wissen aus der Vergangenheit zurück, in der sie ohne technische Assistenzsysteme den Montageprozess ausgeführt haben. Sie erkennen fehlerhaft zugeordnete Bauteile und Bauanleitungen innerhalb kurzer Zeit und sind zudem in der Lage, die richtige Anleitung zu finden und den Fehler selbstständig zu korrigieren, so dass es kaum zu Unterbrechungen

im Arbeitsprozess kommt. Weiterhin ermöglicht die Kenntnis der Bauteile mit ihren Eigenheiten, die Qualität der Produkte zu sichern und unsauber ausgeführte Arbeitsschritte schnell zu erkennen. In den meisten Fällen regeln die Beschäftigten das Problem informell im Team, indem sie sich gegenseitig auf Fehler hinweisen oder diese korrigieren. Nur selten kommt es vor, dass sie die Teamleitungen involvieren müssen. Das ist nur der Fall, wenn Beschäftigte wiederholt gleiche Fehler machen oder größere Unterbrechungen im Produktionsfluss zu erwarten sind, weil die Verzögerung an einem Arbeitsplatz durch die arbeitsteilige Organisation auch Verzögerungen im Gesamtablauf nach sich zieht.

Erfahrene Beschäftigte sind auch in die individuellen Anlernprozesse etwa bei kurzzeitig beschäftigten Leihkräften eingebunden, sie geben ihr Erfahrungswissen weiter. Bei Leihkräften kommt es auf eine zügige Einarbeitung an und das Anlernen findet überwiegend im Prozess der Arbeit statt. Es beinhaltet im ersten Schritt die Vermittlung eines grundlegenden Verständnisses der einzelnen Arbeitsschritte. Zunehmend benötigen Leihkräfte neben den Fingerfertigkeiten ebenso grundlegende Bedienkenntnisse für den Umgang mit technischen Assistenzsystemen, um entsprechende Programme und Anwendungen selbstständig aktivieren zu können. Erfahrene zeigen deshalb den Leihkräften nicht nur die Abfolgen der Arbeitsschritte und trainieren gemeinsam mit ihnen die Montagefertigkeiten, sondern vermitteln ihnen auch den Umgang mit dem digitalen Assistenzsystem. Erfahrene Beschäftigte bemerken dabei, dass Jüngere über ein fundiertes Grundverständnis im Umgang mit PCs und technischen Anwendungen verfügen. Sie befürchten daher Nachteile für ältere Leihkräfte.

Mit der Einführung der Assistenzsysteme verkürzen sich die Anlernzeiten. Diese Verkürzung halten Beschäftigte für problematisch. Durch die visuell vereinfachten Darstellungen und fast selbsterklärenden Arbeitsanleitungen können Leihkräfte zwar auch ohne tiefere Vorkenntnisse ein sicheres Gefühl für den Arbeitsprozess zu entwickeln, aber das schnell erworbene Wissen reicht für den Umgang mit Fehlerquellen oder Störfaktoren kaum aus. Das Erfahrungswissen entsteht erst durch die Rotation an anderen Arbeitsstationen und ist nach Ansicht der Beschäftigten für eine zuverlässige Montage mit hohen Qualitätsstandards erforderlich.

„In der Automatisierung brauch ich nicht lange jemanden anlernen. Das Tool sagt dir ja ganz genau, was du machen sollst. Wenn du zu Hause ein Schrank zusammenbaust, guckst du auch auf deine Skizze, wie baust du es zusammen. Also wenn einer ein bisschen pfiffig ist, dem zeig ich das und dann weiß man es. Wenn nicht, dann fragt er, wir sind nie weit weg.“ (F2 Montage #00:39:39-4#)

“Das ist wo wir uns eigentlich auch ärgern, weil du lernst die an und dann. Ja also wir haben dann welche, die sind bombastisch. Sind super. Ja aber dann müssen sie nach 15 Monaten wieder gehen. Und dann sind wir natürlich auch stinkig. So wie jetzt. Jetzt gehen auch wieder welche und es fehlen Leute. Es wurden keine eingestellt. Gestern haben wir gehört, jetzt ist wieder Einstellungsstopp. Dafür müssen dann jetzt wieder ein paar Leiharbeiter gehen. Wenn dann wieder viel zu tun ist, kommen wieder Neue. Wenn wir Glück haben, kommen die, die schonmal da waren. Wenn du Pech hast kommt einer, der überhaupt noch nicht da war, dann fängst du praktisch alles wieder von vorne an. (...).“ (F2 Montage #00:39:39-4#)

Ein Problem sehen erfahrene Beschäftigte außerdem darin, dass angelernte Leihkräfte trotz neu entwickelter Kompetenzen nicht fest in die Abteilung integriert werden. Aus ihrer Sicht besteht ein

permanenter Bedarf an Arbeitskräften in ihrer Abteilung und die fehlende Aussicht auf eine feste Anstellung von Leihkräften wirkt sich negativ auf die Anlernbereitschaft der festangestellten Beschäftigten aus. Diese Anlernbereitschaft ist jedoch ein wichtiger Einflussfaktor für eine effektive Produktion und unerfahrene Arbeitskräfte sind auf die Informationen der erfahrenen Beschäftigten angewiesen. Das zeigt sich allerdings oft erst bei Störfällen oder in der späteren Qualitätskontrolle. Die Verkürzung der Anlernzeiten durch Assistenzsysteme könnte zukünftig die Beschäftigtenstruktur verschieben und bei einem permanenten Einsatz von Leihkräften die Mitbestimmung und das Entgeltniveau gefährden.

4.2.2.4 *Arbeitsprozesse in der hybriden Montage mit Robotern*

Die Arbeitsprozesse in der hybriden Montage sind aufteilt in: a) manuelle Arbeitsschritte an Montagestationen, die weiterhin von formal gering qualifizierten Beschäftigten mit stationären Assistenzsystemen ausgeführt werden, und b) in automatisierte Montageschritte, die von Roboteranlagen ausgeführt und von Fachkräften gesteuert werden.

Zunehmend kommen in der Montage neue Roboteranlagen zum Einsatz und führen teilweise zur Automatisierung. Die Arbeitsprozesse sind so aufgeteilt, dass ein Teil der Montage weiterhin manuell mithilfe von stationären Assistenzsystemen und ein anderer Teil von Robotern ausgeführt wird. Die Roboter sind in der Lage, eine Gehäusemontage vom Anfang bis zum Ende durchzuführen. Das heißt, sie komplettieren die Bauteile, beschriften mit Lasern die Erzeugnisse und führen automatisiert Prüfungen durch. Falsch eingefügte Teile werden durch das System erkannt und als Fehlermeldungen kommuniziert.

Anders als in der manuellen Montage mit Assistenzsystemen sind im hybriden Montagesystem weitere abteilungsübergreifende Teilsysteme miteinander vernetzt. Ein Teilsystem der Roboteranlage ist etwa mit dem Materiallager und den SAP-Systemen der Logistik verbunden und löst automatisiert Materialaufträge aus. Das sorgt für einen stetigen Materialfluss in der Roboteranlage. Im zweiten Teilsystem kommunizieren Werkstückträger und Werkstücke über RFID-Tags und befördern Bauteile über ein automatisiertes Fließband zu den manuellen Montageplätzen der Beschäftigten. Das dritte Teilsystem bedruckt mit Lasertechnik Schilder auf den Erzeugnissen. Das vierte Teilsystem besteht aus Roboterarmen, die Teile der Qualitätskontrolle wie etwa die Tastentests übernehmen, die zuvor von ausgebildeten Beschäftigten ausgeführt wurden.

“Dann fährt es (das Bauteil) weiter zum Komplementierplatz. Da werden die Dichtungen geklebt, da kommt die Kappe drauf gemacht und da wird das schwarze Schild vom Laserroboter geklebt. Dann fährt da zum nächsten Schritt ein Roboter rein. Dann wird gelasert und dann, wenn die Module vom Gerät fertig sind, fährt der dann raus und dann wird alles zusammengebaut, komplementiert und gelasert und dann in die Roboter-Anlage zur ISO-Prüfung.“ (F2 Montage #00:04:51-6#)

Die Vernetzung der technischen Schnittstellen zwischen der Montage und der Logistik ist nicht problemfrei. Eine Herausforderung besteht zum Beispiel darin, die Roboter Genauigkeit an die speziellen

Beschaffenheiten der Erzeugnisse anzupassen und die Teilsysteme zu einem Gesamtsystem zu vernetzen. Die Teilsysteme wurden nicht unter der Maßgabe eines vollständig automatisierbaren Montageprozesses entwickelt und auch die Verfahren waren für andere Produktgenerationen entwickelt. Die Vernetzung kam erst im Nachgang, was die Adaption der Roboterfunktionen begrenzt.

Für die Steuerung und Kontrolle sowie für den störungsfreien Einsatz der Roboteranlage ist ein spezielles Kompetenzteam zuständig. Das Team besteht aus zehn jüngeren Beschäftigten mit einer technischen Ausbildung, die schichtübergreifend arbeiten. Mit der Einführung der Roboteranlagen wurde das Team neu gegründet und bereits zu einem frühen Zeitpunkt eingebunden. Das Team hat die Pilotversuche begleitet und wurde speziell für die Roboter geschult. Beim Übergang vom Testbetrieb zum stabilen Normalbetrieb betreut das Kompetenzteam weiterhin die Roboter. Noch sind nicht alle Schritte automatisiert, aber aus Sicht der Fachkräfte des Kompetenzteams ist mit der Erweiterung der Roboteranlagen eine zunehmende Automatisierung zu erwarten.

„Baugruppen stecken, ausm Regal nehmen und so weiter. Da ist aktuell nicht mitgeplant, dass das automatisiert wird, und dementsprechend haben wir weiter manuelle Arbeitsplätze. Aber es gibt Arbeitsschritte wie zum Beispiel das Gerät vom Band nehmen, in ein Lagerwagen einsortieren, dann hinstellen und der nächste Schritt ist die Isolation und Funktionsprüfung, wo aus dem Wagen wieder rausgesucht werden muss, welches Gerät das nächste ist und dann in den Prüfadapter gesteckt wird und Zwischenschritte wie das Puffern von Geräten und bestimmte nachgelagerte Prozesse. Meiner Meinung nach könnte man das einfach gut automatisieren ... in so einen Linienfluss bringen. Mir schweben da einige Verbesserungsvorschläge vor, wie man diesen Prozess komplett automatisiert.“ (F2 Hybride Montage #00:26:59-6#)

Aus Sicht erfahrener Beschäftigter in der manuellen Montage ist die Einführung von Robotern eine große Entlastung. Für Zufriedenheit sorgen die Roboter im Arbeitsalltag, weil unliebsame Tätigkeiten oder Tätigkeiten mit einer hohen Fehlerrate von Robotern übernommen werden. Das Kleben von Schildern zum Beispiel galt zuvor unter den Beschäftigten als eine Aufgabe, die den weiteren Arbeitsprozess oft aufgehalten hat. Das präzise und fehlerfreie Bedrucken durch die Roboter entlastet sie daher. Aufgrund der positiven Erfahrungen wünschen sich einige Beschäftigte vermehrt solche Vereinfachungen im Arbeitsprozess.

“Vorher, da haben wir alle noch selbst Schilder geklebt. Dann kam der Laserroboter, der uns endlich viel Arbeit abnimmt. Jetzt haben wir noch drei Roboter. Nicht jeder Roboter ist so ausgereift, wie wir es gerne haben möchten.“ (F2 Montage #00:01:53-4#)

Der Übergang vom Testbetrieb zum Normalbetrieb mit zuverlässig störungsfreien Prozessen nimmt viel Zeit in Anspruch und kann bis zu 18 Monate dauern. Gerade in der Anfangsphase, in der Roboter viele Störungen haben, entsteht für die Beschäftigten auch Wartezeit, in der sie manuell montieren, um den gesamten Produktionsfluss nicht zu hemmen. Einige Beschäftigte sind daher vom automatisierten Robotersystem nicht überzeugt und beschreiben den Testbetrieb als „anspruchsvoll“ und „nervenaufreibend“, weil die Roboter mehrmals täglich in Störung gehen und somit den Produktionsfluss aufhalten. Eine Akzeptanz ist offensichtlich nur gegeben, wenn die Roboter störungsfrei laufen. Die Beschäftigten:

“Was ich bei den anderen Robotern sagen muss, hm da waren wir schneller (im Team). Wir sind schneller. Ist zwar gut. Jetzt mal grob gesagt, du sparst nun einen Arbeitsplatz. Das ist alles, was sie wahrscheinlich denken. Ich weiß es nicht, aber im Endeffekt, wenn bei uns die Automatisierung mit sechs Mann besetzt ist und der Roboter soll uns mit Gehäusen versorgen, dann schafft der Roboter das nicht, da hat er Probleme. Klar, wir diskutieren darüber, wenn wir unsere Runde haben, aber zuhören so richtig tut auch keiner. Das hat eine Menge Geld gekostet und wenn das nicht richtig funktioniert, dann ... ja wie gesagt, er (der eine Roboter) macht sein Ding, er läuft. Aber wie gesagt, er kann uns nicht komplett ersetzen.” (F2 Montage #00:10:04-8#)

Erfahrene Beschäftigte, die über viele Jahre in der manuellen Montage arbeiten, messen sich mit den Robotern der automatisierten Montage und kommen zu dem Ergebnis, dass sie mit ihrer Erfahrung oft schneller montieren als die Roboter und sehen deshalb ihre Arbeitsplätze bisher nicht gefährdet. Die Fachkräfte der Endrevision sehen eine Entlastung in der Genauigkeit der automatisierten Prüfung durch die Roboter.

4.2.2.5 Anforderungen an die Beschäftigten der hybriden Montage

Mit der Einführung der Roboteranlagen in der hybriden Montage entstehen für die ausgewählten Fachkräfte im Kompetenzteam neue Anforderungen. Vorgesetzte haben die Personen des Kompetenzteams aufgrund der Annahme ausgewählt, dass sie eine hohe Technikaffinität haben. Noch vor der Implementierung der Roboteranlagen wurde das Team zu Herstellerschulungen entsendet, um erste Kenntnisse und Erfahrungen im Umgang mit dem neuen System zu erhalten. Die grundlegende Entwicklung und Programmierung der Software für die Roboteranlagen stammen von externen Anbietern (oft mittelständische Unternehmen). Die Hersteller- und Programmierunternehmen der Roboteranlagen sind darauf eingestellt, dass sie die Beschäftigten bei der Einführung der Roboteranlage vor Ort unterstützen und Schulungen anbieten, wie die Programme an die Anforderungen im Werk anzupassen sind. Auch das untersuchte Kompetenzteam hat zu Beginn der Einführung an solchen Herstellerschulungen teilgenommen.

Die jeweiligen Anpassungen an die Gegebenheiten der Montageprozesse im spezifischen Werk erfolgen sukzessive im Prozess der Arbeit. Für die Einführungsphase eignete sich das Team neue “Teaching-Kenntnisse” an, um an sogenannten „Teach-Panels“³³ die Koordinaten der Roboteranlagen anzupassen. Für die Einführung, Steuerung und Bedienung der Roboteranlagen sind deshalb technisches Bedienerwissen und grundlegende Programmierkenntnisse erforderlich. Insbesondere in der Testphase gibt es für das Kompetenzteam viele Möglichkeiten, sich Wissen anzueignen und Kompetenzen aufzubauen. Zum Beispiel tauscht sich das Team in kurzen und regelmäßigen Abständen zur Arbeit mit neu eingeführten Robotersystemen aus und bespricht den Umgang mit Störungen und mögliche Problemlösungen. In extra dafür eingerichteten Räumen testet das Kompetenzteam in Simulationen einzelne Störungsszenarien, denn die Möglichkeit, live am Roboter verschiedene Lösungen zu

³³ Anmerkung: Die Teach-Panels, die angeschafft wurden, um die Roboter zu programmieren, sind nur für die Einführungszeit relevant, nach den Anpassungen sind sie für die tägliche Arbeit nicht mehr erforderlich. Das Roboterteaching für übergreifende Lernprozesse zu nutzen und weitere Beschäftigte zu befähigen, ist in Umsetzungskonzepten (noch) nicht vorgesehen.

entwickeln, sind eingeschränkt. In diesen Simulationen, die zwar im Werk, aber nicht direkt am Einsatzort der Roboter durchgeführt werden, hat sich das Kompetenzteam in mehreren Lernphasen sukzessive neues Erfahrungswissen angeeignet und spezifische Kompetenzen für die Fehlersuche bei Robotern aufgebaut. Die Beschäftigten beschreiben, dass sie trotz der anfänglichen Herstellerschulungen ihre Kompetenzen eher informell im Prozess der Arbeit erlernen und diese als aufwertend für eine spätere Suche am Arbeitsmarkt wahrnehmen. Allerdings fehlen bisher zertifizierte Programme, in denen dieses Wissen strukturiert erlernt und ausgewiesen wird.

4.2.2.6 *Umsetzungsstand Industrie 4.0 in der Montage*

Im vertieft untersuchten Betrieb A sind wie in der Bestückung auch in der Montage verschiedene Entwicklungslinien der Technologien ersichtlich. Das gibt Hinweise auf kontinuierliche Weiterentwicklungen, die sich auf die Arbeit in der Montage auswirken und sich nachzeichnen lassen. In den vergangenen Jahrzehnten hat sich gezeigt, dass auch die Montage durch eine kontinuierlich ansteigende Automatisierung gekennzeichnet ist. Im vertieft untersuchten Betrieb A arbeiteten kurz vor Beginn der Studie viele formal gering qualifizierte Beschäftigte mit technischen Assistenzsystemen und führten an verketteten Einzelarbeitsplätzen ausschließlich manuelle Tätigkeiten aus.

Im Rahmen der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen kommt es in der Montage zur Einführung digitaler Assistenzsysteme. Hierbei handelt es sich um eine technische Weiterentwicklung der aus früheren Studien bekannten Werkerführungen. Nur wenige Jahre zuvor gab es mit der Einführung von Förderbändern und einer Reorganisation der Arbeit bereits Anpassungen an den neuen Stand der Technik. Manuelle Arbeitsschritte in der Endmontage blieben aber trotz komplexer werdender Produkte erhalten. Die Bauteile fahren seitdem an die Montagetasche der Beschäftigten, so dass die Beschäftigten alle Montageschritte manuell ausführen können. Die neu eingeführten digitalen Assistenzsysteme in der manuellen Montage, die den Arbeitsprozess inhaltlich anleiten, sind nun mit diesem automatisierten Förderband vernetzt. Die Vernetzung fördert die Steuerung und Kontrolle der Arbeitsprozesse. Gleichzeitig trägt die Konzeption der neuen Assistenzsysteme zu einer Verkürzung der Entscheidungs- und Handlungsspielräume im Arbeitsprozess der Beschäftigten bei. Die restriktive Gestaltung der Systeme verhindert, dass erfahrene Beschäftigte selbstbestimmt Änderungen am System vornehmen können oder sich selbstständig über neue Entwicklungen direkt an ihrem PC am Arbeitsplatz informieren. Im Gegensatz dazu ermöglicht die selbstbestimmte Rotation an verschiedenen Arbeitsplätzen in der Montage eine Weiterentwicklung des Erfahrungswissens durch das Variieren der einzelnen Aufgabenzuschnitte.

Eine neue Entwicklung im Betrieb A ist die Einführung von Montagerobotern. Mit Beginn der Industrie 4.0-Debatte kam es zuerst zu vereinzelt und dann zu ausführlichen Testungen der automatisierten Montageroboter. Der zeitliche Verlauf dieser Entwicklung erstreckte sich über mehrere Jahre und erforderte eine Neuausrichtung der technischen Voraussetzungen sowie eine Reorganisation der Arbeit mit qualifikatorischen Anpassungen an den neuen Stand der Robotertechnik. Innerhalb kurzer Zeit kamen während der Studie vermehrt Roboter hinzu, die alle Arbeitsschritte in einer vorgegebenen

Reihenfolge ausführen. Das Gesamtsystem wurde also nicht gleichzeitig implementiert, sondern sukzessive technisch programmiert und an Systeme der Logistik angebunden.

In der Montageabteilung kam es außerdem zu einer neuen Arbeitsteilung zwischen menschlichen Arbeitskräften, die manuell die Montage ausführen, und Robotern, die maschinell montieren. Mit der Einführung der Roboter ist eine Teilautomatisierung in der Montage eingetreten. Die Montage mit Robotern galt insbesondere in der Fertigung elektronischer Kleinstteile lange Zeit nicht als automatisierbar. Die Robotertechnologien haben sich inzwischen weiterentwickelt, so dass sie auch kleinteilige Montageschritte ausführen können. Parallel zur automatisierten Roboteranlage existieren die Vorgängervarianten der manuellen Montagearbeitsplätze als Ausweichstation, wenn das automatisierte Montagesystem instabil ist oder es zu Produktionsspitzen mit einem erhöhten Auftragsvolumen kommt. Auf diese Weise entsteht nicht zu viel Wartezeit an den nachfolgenden Arbeitsstationen. Am Ende der Studie kann von *hybriden Montagesystemen* gesprochen werden. Ein Kennzeichen dieser Systeme ist die technische Vernetzung und die arbeitsorganisatorische Verknüpfung automatisierter Roboterstrecken mit den Strecken, an denen Beschäftigte manuelle Montageschritte mithilfe von Assistenzsystemen durchführen. Daraus resultiert ein gleichzeitiger Anstieg des Automatisierungs- und des Vernetzungsgrades in der Montage, der vor dem Aufkommen der Industrie 4.0-Ansätze kaum denkbar erschien. Die eingesetzten Roboter in diesem System arbeiten bisher nicht autonom und sind auf eine qualifizierte Anlagenbedienung angewiesen. Die Bedienung der Roboter führen akademisch ausgebildete und erfahrene Beschäftigte aus. Sie wurden speziell dafür qualifiziert und einige wurden für die Zusammenarbeit im Kompetenzteam von Vorgesetzten ausgewählt. Die Personen im Kompetenzteam haben intern den Status als technische Spezialist*innen und die manuelle Arbeit mit digitalen Assistenzsystemen wird weiterhin von formal gering qualifizierten Beschäftigten ausgeführt.

Aus Sicht der befragten Digitalisierungsexperten dient der Einsatz eines hybriden Montagesystems dazu, bei mittleren Fertigungsspannen mehr Flexibilität in der Produktion zu erreichen und im Hinblick auf die Qualitätsanforderungen technischer Produkte kostenintensive Nachkontrollen zu verringern. Die eingesetzten Assistenzsysteme in der Montage folgen dem Ziel einer Reduktion von Fehlern. Das soll Kundenreklamationen und aufwändige Nacharbeiten vermeiden. Solche Systeme kommen aus dieser Sicht deshalb zum Einsatz, weil sie eine flexible Anpassung an neue Produktionsanforderungen ermöglichen. Das beinhaltet etwa den gestiegenen Termin- und Kostendruck oder eine flexible Planung der Stückzahlen bei sinkenden Losgrößen. Befragte Expert*innen für Digitalstrategien beschreiben die Einführung der Roboteranlagen als einen langwierigen Prozess mit permanenter Adaption. In Zukunft rechnen die befragten Expert*innen mit einer verstärkten Automatisierung in der Montage, betonen aber die Relevanz manueller Eingriffe an hybriden Roboteranlagen.

Aus Sicht von Führungskräften dient das kombinierte Setting der manuellen und automatisierten Montage einer flexibilisierten Steuerung und Optimierung der Montageprozesse. Die technische Ausstattung, die zur Durchführung der Montage benötigt wird, beschränkt sich nicht mehr auf den Einsatz stationärer Assistenzsysteme, sondern dehnt sich auf Robotersysteme aus. Aus Sicht der

Führungskräfte engagieren sich viele Beschäftigte bei der Umgestaltung der Arbeitsplätze und bringen ihre Ideen ein.

Aus Sicht der Beschäftigten ist die manuelle Montage ohne digitale Assistenzsysteme eine „Alte Welt“. Die Beschäftigten betonen, dass zukünftig die Technikgestaltung die Erfahrungen von Beschäftigten stärker berücksichtigen sollte. Sie wünschen sich Möglichkeiten, das System selbstbestimmt nach ihren Bedürfnissen einzurichten. Viele Montagekräfte stehen der Einführung neuer Technologien ambivalent gegenüber. Einige Beschäftigte nehmen im Arbeitsprozess eine Entlastung und Erleichterung wahr, die mit der Teilautomatisierung des Montagesystems eingetreten ist, und sehen ihren Anteil der manuellen Arbeit nicht gefährdet. Einige der angelernten Beschäftigten äußern jedoch die Sorge, dass in Zukunft ihre Arbeit nur noch durch Roboter und Resttätigkeiten nur noch durch ungelernte Leihkräfte ausgeführt werden könnten. In der Diskussion über diese beiden Perspektiven, weisen insbesondere erfahrene Beschäftigte und Führungskräfte darauf hin, dass der Automatisierungsgrad in der Montage schon seit den 1980er Jahren kontinuierlich ansteigt, aber die Ausführung manueller Tätigkeiten bis heute notwendig geblieben ist.

Aus Sicht der Betriebsräte können Beschäftigte den Montageprozess zwar zeitweise als arbeitsteilig empfinden, aber der Wechsel an verschiedene Arbeitsstationen ermöglicht eine zunehmende Vorstellung vom gesamten Montageprozess und wertet die Arbeit der Beschäftigten auf. Außerdem nehmen sie eine verstärkte Einbindung der Beschäftigten wahr und begrüße diese.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in der Montage der Vernetzungs- und Automatisierungsgrad ansteigt. Hybride Montagesysteme flexibilisieren die Arbeitsprozesse und bestehen aus ganz unterschiedlichen Artefakten. Die technische Ausstattung, die zur Durchführung der Montage benötigt wird, beschränkt sich nicht mehr auf den Einsatz stationärer Assistenzsysteme, sondern zunehmend kommen Robotersysteme auch in der Montage elektronischer Erzeugnisse zum Einsatz. Für Fachkräfte ist dadurch ein Anstieg der Anforderungen an die Arbeit in der Montage erkennbar. Gleichzeitig findet eine Entwertung des Erfahrungswissens bei langjährigen Beschäftigten statt, wenn sie vermehrt mit digitalen Assistenzsystemen arbeiten.

Zukünftig ist damit zu rechnen, dass die Automatisierung der Montagearbeit voranschreitet und die hybriden Montagesysteme zu einer weiteren Verschiebung der Anforderungen an die Beschäftigten führen werden. Die Montage wird nicht ohne manuelle Eingriffe auskommen, denn die hybriden Roboteranlagen arbeiten bisher nicht autonom, sondern erfordern manuelle Tätigkeiten und fachliches Anwendungswissen für die Steuerung. Die Frage wird sein, ob sich etwas an der technischen Konzeption der Assistenzsysteme ändert, die bisher mit restriktiven Vorgaben der Arbeitsschritte noch kaum eigene Handlungsabläufe zulässt. Für junge oder neu angelernte Beschäftigte kann das System eine Arbeitserleichterung bedeuten, aber auch die Arbeitsprozesse von Erfahrenen verlangsamen. Dies hängt entscheidend vom Vorwissen der Beschäftigten ab. Im Gegensatz dazu sind für die Montagearbeit mit Roboteranlagen grundlegende Software-Anwenderkenntnisse erforderlich. Die Implementierung, Steuerung und Bedienung der Roboteranlagen übernehmen technisch qualifizierte Fachkräfte, die in

spezifischen Kompetenzteams organisiert sind. Die Fachkräfte in diesen Teams sind oft jünger und akademisch ausgebildet oder als erfahrene Fachkräfte schon länger in der Montage tätig. Zukünftig ist aber auch in der Arbeit von Montagefachkräften mit Einschnitten zurechnen. Es zeichnet sich ab, dass Roboter auch Prüfschritte ausführen können. Das sind Tätigkeiten, die lange als nicht automatisierbar galten und bisher von technisch ausgebildeten Fachkräften ausgeführt wurden. Aus diesem Grund ist der Einsatz von Roboteranlagen besonders umstritten und führt dazu, dass sich einige Beschäftigte mit ihren Ideen nicht in Umsetzungsansätze einbringen.

4.2.3 Portrait 3: Arbeit in der Instandhaltung

Die Arbeit in der Instandhaltung ist den produktionsnahen Dienstleistungen zugeordnet. Es bestehen Schnittstellen zur direkten Produktion und zur Logistik. Die Aufgabe der Instandhaltung besteht darin, die Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion regelmäßig zu warten und für die Entstörung von Maschinen zu sorgen.

4.2.3.1 *Arbeitsorganisation in der Instandhaltung*

In der Instandhaltung ist die Arbeit, wie in den anderen Funktionsbereichen der direkten Produktion, arbeitsteilig organisiert. Aber im Vergleich haben die Tätigkeiten erheblich weniger Wiederholungscharakter. In der Instandhaltung arbeiten insbesondere männliche Fachkräfte (ca. 90 Prozent) und das Alter der Beschäftigten liegt im Durchschnitt unter 40 Jahren, wobei die Spannweite zwischen 25 und 55 Jahren beträgt. Nur äußerst selten und sehr vereinzelt unterstützen Leihkräfte die Abteilung.

Die Arbeitszeitmodelle in der Instandhaltung weichen von denen in der Fertigung und in der Logistik ab. Die Instandhaltungskräfte sind tagsüber vor Ort und arbeiten mit Gleitzeitmodellen und einer selbstorganisierten Rufbereitschaft im Team. Ab der Spätschicht gibt es eine Rufbereitschaft bis 22:00 Uhr. Kommt es in der Zeit zwischen 22:30 Uhr und 6:00 Uhr morgens zu einem Maschinenstillstand, sind die Teamleitungen der Fertigung gefragt, die Aufgaben kurzzeitig neu zu verteilen. Aus Sicht der Fertigung wäre es demzufolge hilfreich, wenn die Instandhaltung vor Ort wäre und bestehende Störungen zeitnah auflösen könnte, so dass es nicht zum Stillstand der Anlagen kommt. Vor diesem Hintergrund werden im Zuge von Industrie 4.0 neue technische Lösungen zur Ausdehnung der Rufbereitschaft in der Nachtschicht getestet. Mit sogenannten virtuellen Assistenzsystemen wie Wearables (hier: VR-Brille und HoloLens) sollen Instandhaltungskräfte im Störfall ihr Wissen aus der Ferne einbringen.

Die Organisation und Ausführung der Instandhaltungsarbeit erfolgt selbstbestimmt. Das Selbstverständnis von Instandhaltungskräften basiert auf einer besonderen Identifikation mit den Aufgaben. Die befragten Instandhaltungskräfte identifizieren sich mit der Rolle von „Problemlösern“ und „Ausprobierern“, was sich mit den Fremdzuschreibungen von befragten Führungskräften deckt, die sie als „technikaffine“ und „neugierige“ Personen beschreiben.

„Instandhalter ist nicht nur meine Berufsbezeichnung.“ (F6 Instandhalter 2 #00:54:56-5#).

„Wir Instandhalter sind neugierige Spielkinder. Wir arbeiten in unserem Reich und haben unseren Beruf von der Pike auf gelernt. Ich bin Instandhalter, ich weiß, was meine Aufgaben sind, ich mache den Job einfach. Wenn was ist, melde ich mich und wenn ich ein Problem habe, dann hebe ich den Finger und sage Bescheid. Und ansonsten will ich in Ruhe meinen Job machen, weil ich weiß, was ich zu tun habe. Ich bin daran gewöhnt und komme damit gut klar, aber wenn meine selbstbestimmten Sachen nicht den Prioritäten meiner Führungskräfte entsprechen, dann funktioniert es natürlich nicht.“
(F6 Instandhalter 1 #00:12:46-0#)

Die Hierarchien in der Instandhaltung sind zu Beginn der Studie flacher als bspw. in der Fertigung, die Organisation und Ausführung der Arbeit erfolgt selbstbestimmt in kleinen Teams. Die Teams bestehen aus zwei bis sechs Personen. Instandhaltungskräfte bevorzugen selbstgesteuertes und verantwortungsbewusstes Arbeiten. Aufgrund der selbstständigen Arbeitsweise sind oft keine Teamleitungen zur Aussteuerung der Tätigkeiten erforderlich. In den Abteilungen sind disziplinarische Führungskräfte wie Gruppenleitungen und Abteilungsleitungen für die Weiterentwicklung der Abteilung und der Fachkräfte verantwortlich.

4.2.3.2 Arbeitsprozesse in der Instandhaltung

Die Arbeitsprozesse in der Instandhaltung sind weniger standardisiert als diejenigen in der direkten Produktion, im Arbeitsprozess arbeiten Instandhaltungskräfte selbstbestimmt mit mehr Entscheidungs- und Handlungsspielräumen. Die Arbeitsprozesse in der Instandhaltung lassen sich im Wesentlichen nach dem Grad der Standardisierung und der Autonomie einteilen. Die Aufgaben lassen sich in regelmäßig getaktete Aufgaben und ungeplante Aufgaben typisieren.

Der erste Aufgabentypus beinhaltet planbare Aufgaben wie zum Beispiel die Wartung von Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion. Die Wartung wird von den Fachkräften oft als Serviceeinsatz betitelt, bei der die Fachkräfte speziellen Maschinen und Anlagen zugeteilt sind. Das nimmt den Großteil der Arbeitszeit von Instandhaltungskräften ein. Die Wartungszeiten sind in einer digitalen Anwendung (in SAP) vorgegeben; regelmäßig fragen Instandhaltungskräfte den Wartungsplan ab und arbeiten diese Papierliste im Tandem oder in kleinen Teams ab. Sie informieren sich vor Ort bei den Beschäftigten in der Fertigung über mögliche Auffälligkeiten an den Maschinen und Anlagen, wie zum Beispiel ungewöhnliche Geräusche usw. Während der regelmäßigen Wartung dominiert ein standardisiertes Vorgehen, das viel Routine im Umgang mit unterschiedlichen technischen Gegebenheiten an den Maschinen und Anlagen erfordert.

Der zweite Aufgabentypus beinhaltet ungeplante Aufgaben wie die Entstörung von Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion. Kurzfristige Störfälle, Probleme und Fehlermeldungen an den Maschinen und Anlagen haben Vorrang und der Handlungsablauf im Störfall folgt einem groben Schema. Von der ersten Information bis zum Störprotokoll kann ein Vorgang bis zu drei Stunden dauern. Die Arbeitsprozesse zur Störungsbeseitigung sind typischerweise wenig standardisiert. Instandhaltungskräfte sind oft bestimmten Maschinen zugeteilt und bei einer Störung in der Zeit der

Rufbereitschaft kann es vorkommen, dass sie plötzlich mit einer neuen Maschine konfrontiert sind. Die Maschinenbediener* oder Anlagenführer* in der Fertigung informieren sie dann per E-Mail oder Telefon über die Störung. In einigen Fällen kommen sie informell auf die Instandhalter zu und schildern ihre Probleme. Aus der Problembeschreibung leiten die Instandhalter die Dringlichkeit des Problems ab und entscheiden über die Priorisierung der Aufträge. Handelt es sich um eine dringende Störung, entscheiden sie, welche Werkzeuge sie benötigen oder welche Kollegen mit welchem Know-how sie hinzuziehen. Die Maschinen und Anlagen erzeugen Störmeldungen, die den Instandhaltern weitere Hinweise auf mögliche Ursachen der Störung geben.

Nach einer erfolgreichen Entstörung wird der Vorgang in Datenbanken (meist SAP-Anwendungen) dokumentiert. Alle Instandhaltungskräfte haben über einen stationären Computer Zugriff auf diese Datenbanken. Die Instandhaltungskräfte haben jeweils einen Schreibtisch in der Nähe der Werkhalle; nach der Entstörung gehen sie dorthin und tragen in vorstrukturierten Störprotokollen in SAP die Fehlerursachen, die Vorgehensweise und noch zu erledigende Schritte ein. Dafür melden sie sich im zentralen System an und laden Fotos hoch. Das erfolgt nach einheitlichen Kriterien, die aus der Zeit papierbasierter Handbücher stammen.

Problematisch sind allerdings fehlende, unfertige oder unklare Protokolle. Besonders bei Störungsbehebungen in der Rufbereitschaft wird anschließend nicht immer genau dokumentiert, ob noch Folgearbeiten anstehen. Am nächsten Tag haben Instandhalter Schwierigkeiten, die Schritte nachzuvollziehen. Das Schreiben von Störprotokollen ist aus diesem Grund mit monetären Anreizen verbunden.

„Es gibt Protokolle, aber die werden leider nicht immer entsprechend bearbeitet. Das ist eigentlich das größte Manko.“ (F1 Instandhalter 2 #00:34:48-5#)

„Derjenige, der in der Rufbereitschaft kommt, hat entweder Lust, die Störmeldung noch abzuschließen oder nicht, oder Zeit und dementsprechend hat man dann mitunter den Abschluss einer Störmeldung, oder nicht. Im Normalfall sind die Kollegen schon hinterher, die Störmeldung abzuschließen, denn danach berechnet sich ja die Prämie. Die ist da ein Stückweit mit gekoppelt. Und insofern sind die Leute schon bemüht, die Störmeldung zeitnah abzuschließen. Sollte sie nicht zeitnah abgeschlossen sein und es betrifft eine der Maschinen, die ich betreue, die hier am Standort stehen, wie auch immer, dann versuche ich den Kollegen zu erreichen, der das gemacht hat, oder gucke im System nach, wer Rufbereitschaft hatte. Oder ich gucke, ob ich jemanden an der Linie finde und frage den, Du sag mal, ist das noch aktuell?“ (F2 Instandhalter 2 #01:06:11-4#)

Die Dokumentation der Störungen und Wartungen wird von Instandhaltungskräften oft als „mühselig“ und als „lästiges Übel“ empfunden, denn die Störmeldungen müssen am stationären Arbeitsplatz in SAP dokumentiert werden. Aus diesem Grund soll eine mobile Störungsbearbeitung eingeführt werden, die diesen Vorgang erleichtert. Instandhaltungskräfte befürworten diese Entwicklung und wollen mit einer solchen mobilen Anwendung arbeiten. Sie treiben die Anschaffung von mobilen Endgeräten mit an. Die Endgeräte lesen an der Maschine die Barcodes direkt aus und fügen gleich vor Ort Fotos in die Störungsprotokolle ein. Die Anwendung ist außerdem mit dem Ersatzteilmanagement verbunden und soll die Nachbestellungen erleichtern. Auf diese Weise können die Instandhaltungskräfte vor Ort die

Dokumentation der Aufträge mit mobilen Anwendungen abschließen. Erfahrene Instandhalter betonen, dass die Anwendungen auch die Analyse von Störungen erleichtern, weil verschiedene Bilder eingebunden sind. Das ermöglicht ihnen, die Fehlerquellen schneller als bei einem Telefonat zu finden. Per Telefon ist es aus ihrer Sicht oft ein „Rätselraten“.

Neben den zwei Aufgabentypen gibt es in Instandhaltungsabteilungen erweiterte Aufgabenzuschnitte bei Instandhaltungskräften, die nur vereinzelt auftreten. Dazu gehört zum Beispiel die Beschaffung von Ersatzteilen für die Wartung von Maschinen und Anlagen. In Zusammenarbeit mit administrativen Abteilungen informieren sich diese Instandhaltungskräfte über etablierte oder alternative Ersatzteillieferanten. Dieser Aufgabenzuschnitt hat sich über einen längeren Zeitraum etabliert, weil sich die Notwendigkeit einer solchen Kompetenz als sinnvoll erwiesen hat. Der Aufgabenzuschnitt hat kaufmännische Anteile, ist aber vom Umfang her nicht vergleichbar mit der zentralen Bestellung für Verbrauchsmaterialien. Außerdem gibt es hierfür noch kein formalisiertes Berufsbild. Aus Sicht der Instandhaltungskräfte ist es sinnvoll, wenn sie frühzeitig in die Beschaffung neuer Maschinen und Anlagen einbezogen werden, um vor der Einführung über die Wartung und mögliche Störquellen informiert zu sein.

4.2.3.3 Anforderungen an die Beschäftigten in der Instandhaltung

Die Beschäftigten in der Instandhaltung sind in der Regel erfahrene Fachkräfte mit einer Ausbildung in Mechatronik oder Elektrotechnik. Gegenwärtig dauert die Ausbildung 3,5 Jahre und ist oft als duale Ausbildung organisiert. Im Zentrum steht die Vermittlung von technischem Fachwissen zu Elektrotechnik, Mechanik und Pneumatik. Seit einiger Zeit wird zusätzlich IT-Wissen vermittelt, wie zum Beispiel grundlegende Programmierkenntnisse oder Kenntnisse zu Funktionsweisen von bestimmten Software-Anwendungen. In den Praxisphasen erfolgt die Einarbeitung in die betriebsspezifischen Arbeitsprozesse der Instandhaltung. Nach Aussagen der befragten Expert*innen liegt die ideale Dauer der praktischen Einarbeitung zwischen 12 und 24 Monaten. In den Betrieben ist die Praxisphase teilstandardisiert und läuft wie ein Mentoring-Programm ab. Anfangs begleiten die Ausgelernten ihre erfahrenen Kollegen und sind noch keinen Anlagen, Maschinen oder Produktionstechnologien zugeteilt. Im Verlauf der Einarbeitung organisieren sie ihren Wissenserwerb und den Wissenstransfer weitestgehend selbstständig, sind aber vom Engagement der erfahrenen Fachkräfte abhängig, die ihr Wissen weitergeben. Die Bereitschaft Wissen zu teilen, ist unterschiedlich ausgeprägt.

„Also ich habe mir damals viele Sachen durch Nachfragen selbst organisiert. Ich habe es besorgen müssen und mich selbst drum kümmern müssen, dass ich eben Zugriff auf bestimmte Netzlaufwerke kriege. Da gibt es keine Konzepte. Es ist davon abhängig, wie gut der Kollege ist, der dich einarbeitet. Also wenn er dich nur fachlich einarbeitet, geht dir halt zum Teil der ganze administrative Teil völlig verloren. Denkt der Kollege nicht dran, weil er das für sich nicht auf dem Schirm hat und ein anderer denkt eben zu 95% nur an das Administrative und weniger ans Arbeiten, bei dem lernst du dann mit dem Rechner umzugehen, aber Du weißt nicht, wie eine Störung beseitigt wird.“ (F3 Instandhalter 1 #00:52:59-3#)

Für standardisierte Aufgaben wie die Wartung sind genaue Kenntnisse über die Funktionsweisen der Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion erforderlich. Die Kenntnisse lassen sich nach Aussagen der befragten Instandhaltungskräfte leicht erlernen.

„Beim Thema Schwallötanlagen-Wartung brauchst du nicht viel (...) da guckt er dreimal zu und dann kennt er die Handgriffe, also das ist keine wirkliche herausfordernde Arbeit. Die Wartungssachen sind mehr oder weniger simpel und durch einfaches Zeigen und eben Fragen beantworten und ein bisschen erklären (...) es gibt kein wirkliches Konzept und es gibt nicht wirklich jemanden, der sich dann explizit darum kümmert, dass die Leute da eingearbeitet werden.“ (F3 Instandhalter 1 #00:55:18-2#)

Für nicht standardisierte und ungeplante Aufgaben wie die Fehlerbehebung bei einer technischen Störung an der Maschine oder Produktionsanlage benötigen Instandhaltungskräfte neben einem soliden technischen Fachwissen unterschiedliche Handlungskompetenzen für die Entwicklung situativer Lösungsansätze. Zum Beispiel benötigen die Instandhaltungskräfte eine schnelle Auffassungsgabe, denn sie müssen innerhalb kurzer Zeit aus den Störprotokollen oder aus dem Fehlerbild der Maschinen Rückschlüsse auf das weitere Vorgehen in der Störungsbehebung ziehen. Aus Maschinen- und Anlagendaten leiten sie Informationen zum Maschinentyp, zur Laufzeit der Maschine und zum Wartungsstatus ab und analysieren und interpretieren diese Informationen, so dass sie erste Anhaltspunkte für ein gezieltes Vorgehen haben. Für gezielte Problemlösungen sind diese Informationen aber noch unzureichend und gerade bei der Analyse der Fehlerquellen betonen Instandhaltungskräfte, dass Erfahrungswissen ungemein wichtig ist. Sie kennen besondere Abnutzungserscheinungen oder Eigenheiten der Maschinen und nähern sich in der weiteren Suche schrittweise der Fehlerquelle an. Instandhaltungskräfte nutzen besonders ihre sinnliche Wahrnehmung und leiten weitere Schritte ab. Sie bevorzugen den direkten Kontakt mit der Maschine und den Beschäftigten vor Ort, um das Problem unmittelbar an der Maschine zu sehen, zu hören und manchmal sogar zu fühlen oder im Austausch mit Bediener*innen zu erfahren.

„Da gibt es Sachen, da sieht man dann schon anhand der Störmeldungen, also aus dem Fehlerbild, was uns beschrieben wurde, da kann es einen bunten Blumenstrauß an Möglichkeiten geben. Das kann eine Druckluft-Geschichte, eine Pneumatik-Geschichte, das kann ein elektrisches Problem sein, das kann ein mechanisches Problem sein. Wir wissen es nicht. Und insofern der erste Schritt dann: hingehen, angucken, und sich dann der Fehlerquelle nähern durch örtliche Wahrnehmung. Also, wo kommt das Fehlergeräusch her, wo kommt der Fehler her?“ (F2 Instandhalter 1 #00:08:50-6#)

„Durch das Geräusch. Also man hört es, ja, na klar wirklich, man versucht mit allen Sinnen, die man einsetzen darf, Informationen zu bekommen. Hinhören, hinsehen, fühlen im weitesten Sinne, wo und wie es möglich ist.“ (F2 Instandhalter 1 #00:04:23-6#)

„Ich hätte anhand des Geräusches gesagt, dass irgendein Riemen nicht mehr richtig gespannt ist über der entsprechenden Rolle und am Motor. Haben dann erst einmal uns die Riemen angeguckt, vor allem von der Achse, die diese Geräusche gemacht hat, und da war alles in Ordnung. Das Geräusch war noch da. Und die Achse ist auch nicht sauber verfahren, wenn sie langsam gefahren ist, war alles in Ordnung, und sobald die Geschwindigkeit ein bisschen erhöht wurde von uns, kam wieder das Geräusch. Als nächstes haben wir dann bei einer baugleichen Maschine uns das genauso angeguckt, haben die Geräusche verglichen.“ (F2 Instandhalter 2 #00:13:04-7#)

„Wir haben den eingebaut und hatten ein ähnliches Geräusch, aber weniger laut. Und in dem Moment haben wir uns beide angeguckt und überlegt, haben wir die Übertragung der Achse richtig festgezogen? Wir haben es kurz festgezogen, dann war das Geräusch weg, also die Störung war behoben (...) und dann war das auch ohne Geräusch und war in Ordnung.“ (F2 Instandhalter 2 #00:15:31-1#)

Neben Kenntnissen zu den Funktionsweisen der Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion sind für die situativen Arbeitshandlungen während der Entstörung zusätzliche Kompetenzen zur Problemlösung erforderlich. Das beinhaltet die Analysefähigkeit, aus Daten die richtigen Schlüsse für das Vorgehen zu ziehen und die Fähigkeit, aus Beobachtungen und Geräuschen weitere logische Schlussfolgerungen zu ziehen. Dabei nutzen Instandhalter oft ihr erfahrungsbasiertes Wissen, das aus der Bewältigung von technischen Störungen in der Vergangenheit resultiert. Dieses Wissen baut sich erst über die Jahre und im Prozess der Arbeit auf. Das Vorgehen zur Entstörung können Instandhalter teilweise nicht explizieren, weil sie es in der Situation unmittelbar abrufen und selten außerhalb der Handlung darüber reflektieren. Dieses erfahrungsbasierte Wissen kann weniger gut in Bildungsinstitutionen wie Schulen, Ausbildungen oder Weiterbildungen vermittelt werden.

„Das Vorgehen ist wahrscheinlich im Kopf, aber es ist intuitiv. Ich kenne die Maschinen, ich habe fünf, sechs Jahre selbst an den Maschinen gearbeitet.“ (F2 Instandhalter 2 #00:12:01-0#)

Aus Sicht von Instandhaltungskräften nehmen die Intuition und die Sinneswahrnehmungen beim Probieren und Vortasten einen enormen Stellenwert im Problemlösungsprozess ein. Für die abteilungsübergreifende Zusammenarbeit und den kollegialen Austausch über gezielte Lösungsansätze, aber auch für das Schreiben von Protokollen sind außerfachliche Kompetenzen wie Teamfähigkeit und Kommunikationskompetenz erforderlich.

Mit der Einführung von automatisierten Produktionsanlagen wie SMT-Linien und Robotern erhalten die Instandhaltungskräfte mehr Informationen zu den Wartungsintervallen. Die Wartungspläne mit den Intervallen basieren zunehmend auf den ausgeleiteten Maschinendaten und standardisieren vermehrt die Abläufe. Die Behebung von Störungen wird von den befragten Instandhaltungskräften nicht als neue Herausforderung wahrgenommen. Sie berichten, dass die datengestützten Störprotokolle ihnen die Fehlersuche erleichtern. Das ermöglicht ihnen, in kürzester Zeit mit der intensiven Suche nach der Ursache zu beginnen, um möglichst längere Maschinenstillstände zu vermeiden. Wie bisher befragen sie gezielt die Beschäftigten, die das Auftreten der Fehler an der jeweiligen Maschine gemeldet haben, zu den Ursachen und klären bisherige Versuche der Fehlerbehebung mit ihnen im direkten Austausch. An Auffälligkeiten und ungewöhnlichen Geräuschen sind sie dabei weiterhin besonders interessiert. Wie vor der Einführung neuer Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion arbeiten Instandhaltungskräfte meistens zu zweit mit etwas unterschiedlichen Arbeitsschwerpunkten und in einigen Fällen werden weitere Kollegen* (ausschließlich männliche Kollegen) mit Spezialwissen telefonisch hinzugezogen. Zum Beispiel bei einer Sonderproduktion, wenn eine andere Vorgehensweise an Maschinen oder Anlagen erforderlich ist.

Mit der Einführung neuer Automatisierung in der Bestückung zeichnet sich ab, dass damit bei den Instandhaltungskräften zunehmend auch Software-Kenntnisse für die Wartung gefragt sind, um Störungen zu beheben.

“Die normalen mechanischen Störungen und elektrischen Störungen werden weniger mit einer automatisierten Linie, allerdings kommen dafür wieder andere Sachen hinzu. Irgendwelche Software-Probleme, irgendwelche Ablaufprobleme muss nicht sein, kann aber passieren. Es kommt darauf an, ob die Ablaufstörung sensorabhängig ist oder ob es wirklich eine reine Software-Sache ist. Und reine Software-Sachen gehen eher in die Technologie, sprich in unsere Nebenabteilung.“ (F1 Instandhalter 1 #00:19:57-3#)

Im Verlauf der Studie kommt es zu einer Umstrukturierung mit neuen Arbeitsschwerpunkten in der Abteilung durch die Führungskräfte. Die neue Arbeitsorganisation spielt im Hinblick auf die Anschaffung neuer Maschinen eine große Rolle, denn die Teamzusammenarbeit besteht nun vermehrt aus Fachkräften der Instandhaltung und des Technologiesupports. Auf diese Weise soll in der Zusammenarbeit neues Erfahrungswissen entstehen. Außerdem sollen die Instandhaltungskräfte für ein vorausschauendes Handeln frühzeitiger in die Anschaffungsprozesse eingebunden werden, um erste Praxiserfahrungen zur Wartung oder mögliche Schwachstellen für Störungen bereits vor der Einführung neuer Maschinen zu kennen. Mit gemeinsam entwickelten Fragenkatalogen für den Herstellerbesuch schauen sie sich nun bei potenziellen Anbietern Maschinen und Anlagen an und klären, ob sie den Anforderungen des Betriebes entsprechen. Vor Ort probieren sie technologische Neuerungen aus und diskutieren über mögliche Problemstellungen. Auf diese Weise machen sich die Fachkräfte vor der Anschaffung ein Bild zur Nutzerfreundlichkeit und Störanfälligkeit der Maschine und prüfen die Ersatzteilverfügbarkeit und Serviceverfügbarkeit der Hersteller. Diese Einbindung haben Instandhaltungskräfte in der Vergangenheit oft vermisst; auf Nachfragen berichten Beschäftigte der Instandhaltung, dass sie zuvor bei der Anschaffung neuer Maschinen und Anlagen nicht ausreichend involviert waren. Sie sehen daher in der Reorganisation der Teams viele Chancen für ihr vorausschauendes Handeln im Prozess der Arbeit.

Für den dritten Aufgabentypus – die technisch-kaufmännische Beschaffung in der Instandhaltung – ist ein umfangreiches technisches Fachwissen in Kombination mit erfahrungsbasierten Kompetenzen aus der Wartung und Störungsbehebung die wichtigste Grundlage. In die Einführung neuer Technologien, d. h. die Beschaffung von neuen Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion, sind vereinzelt Instandhaltungskräfte intensiver als zuvor eingebunden. Sie recherchieren und evaluieren Ersatzteile für die Wartung und müssen dabei die Kosten fachgerecht beurteilen können. Sie bereiten dann anhand vorgegebener Leitkriterien für die Anschaffung von Maschinen bspw. Entscheidungsgrundlagen vor. Sie prüfen zudem Bedingungen von Ersatzteillieferanten oder Kosten für einen erweiterten Technikerservice. Nur einige Instandhalter erledigen diese Aufgaben, aber sie sehen in einem solchen Zuschnitt zukünftig ein weiteres Tätigkeitsfeld auch für andere Instandhalter.

4.2.3.4 Umsetzungsstand Industrie 4.0 in der Instandhaltung

Im vertieft untersuchten Betrieb A sind in der Instandhaltung verschiedene Entwicklungslinien der Technologien ersichtlich. Es gibt Hinweise auf kontinuierliche Weiterentwicklungen im Konzept *Predictive Maintenance*. Gemeint ist eine systematische Auswertung von Maschinendaten mit dem Ziel, die Störquellen an den Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion möglichst frühzeitig auszuschließen und dadurch die Abläufe in der Instandhaltung zu optimieren.

Im Kontext von Industrie 4.0 gewinnen betriebliche Datenstrategien und die Vernetzung zur direkten Produktion zunehmend an Relevanz. Das Konzept *Smart Maintenance* stellt eine Weiterentwicklung dar (Acatech, 2015; Baethge-Kinsky, Marquardsen, et al., 2018b, S. 174). Das Neue an dem weiterentwickelten Konzept ist die automatisierte Zusammenführung aller Maschinen- und Anlagendaten aus der direkten Produktion durch algorithmische Anwendungen. Diese Daten können anders als zuvor für die Wartung und Störungsbehebung abgebildet und ausgewertet werden. Das Besondere ist außerdem, dass diese Informationen in Echtzeit auf digitalen Endgeräten zur Verfügung stehen.

Im Zuge der Umsetzung von *Smart Maintenance* entstehen zu Beginn der Studie im Betrieb A verschiedene Pilotprojekte wie etwa zur mobilen Wartung und zur mobilen Störungsbehebung. Sie sind Teil der betrieblichen Datenstrategie und beginnen gleichzeitig. Die verschiedenen Pilotprojekte sind dreimonatige Kurzprojekte, die intern auch *agile Sprints* genannt werden. In diesem Rahmen erproben die Beschäftigten Anwendungsszenarien für technische Einzellösungen, die die Arbeitsprozesse der Instandhaltungskräfte sinnvoll unterstützen sollen. Die Arbeitskräfte treffen sich regelmäßig im Team und sind dafür von einigen täglichen Aufgaben freigestellt. Dabei wird getestet, welche Daten überhaupt aus den Maschinen und Anlagen der direkten Produktion verwertbar sind, um daraus sinnvolle Wartungs- oder Störungsintervalle abzuleiten. Die neue technische Anwendung soll dazu dienen, systematisch Daten aus Maschinen und Anlagen auszuleiten, um Verschleißteile frühzeitig zu erkennen und möglichen Anlagenausfällen entgegenzuwirken.

In den Testungen zur datenbasierten Wartungsplanung zeigt sich zu Beginn der Studie, dass ungelöste Probleme in der Datenausleitung bestehen. Dieser Vorgang ist noch unausgereift und es erweist sich als voraussetzungsvoll zu definieren, welche Daten insgesamt vorhanden und welche Daten für die Instandhaltung relevant sind, bzw. wie diese auszuwerten sind. Aus Sicht der Beschäftigten fehlen Erfahrungswerte und systematische Datenerhebungen aus ein bis zwei Jahren, so dass sich die Umsetzung der Konzeption wohl über einen längeren Zeitraum erstrecken wird.

„Daten sind da, aber die adäquate Auswertung fehlt. Es fängt ja erst mal damit an, dass man die Daten aufnimmt, das muss man gerade bei Instandhaltungssachen über einen sehr langen Zeitraum machen. (...) Lustigerweise hat sich in den ersten paar Monaten gezeigt, wir machen grundsätzlich sowieso alle sieben acht Wochen eine Wartung an jeder Linie und dann haben wir die entsprechenden Bestückköpfe zum Beispiel so eingetaktet.“ (F3 Instandhaltung 2 #00:36:42-7#)

„Die Maschine weiß besser, wann es ihr schlecht geht, als ich das weiß das ist einfach so. Zumindest es ist ja auch nicht so dass die Maschine das weiß, sondern die Ingenieure, die die Maschine entworfen haben, kennen anhand der Messwerte den Zustand der Maschine und da ist einfach mehr Wissen vorhanden als bei mir.“ (F3 Instandhalter 2 #00:57:43-7#)

„Daten, die man wirklich, wo man weiß, die machen Sinn, die würde ich gerne auswerten. Da hapert's einfach. Welche Daten gibt's überhaupt Da gibt's auf jeden Fall Datenbeauftragte inzwischen und die müsste man dann fragen. Wir haben schon öfter mal gefragt, was haben wir denn für Daten. Die Antwort, die immer kam: 'Alles.' Das ist nicht wirklich inhaltsvoll.“ (F2 Instandhaltung 2 #00:04:47-9#)

Einige Pilotprojekte zur mobilen Wartungsorganisation verstetigten sich im Verlauf der Studie. Gerade die neu eingeführten Maschinen und Anlagen erzeugen nach entsprechenden Vorgaben ein Protokoll, das für die Planung der Wartungsaufträge relevant ist. Auf den Protokollen sind prozentuale Angaben zu Wartungsintervallen und möglichen Störquellen verzeichnet. Einige Beschäftigte der Instandhaltung sind ausschließlich für das Auslesen und Auswerten dieser Daten verantwortlich. Sie organisieren auf dieser Basis die Wartungseinsätze der Instandhaltungsteams. Die datenbasierte Organisation von Wartungen nehmen die Instandhaltungskräfte als positive Entlastung wahr, weil sie den Organisationsaufwand verringert. Vorher haben die Instandhaltungskräfte diese Informationen händisch zusammengetragen und daraus Wartungspläne erstellt. In der neuen Anwendung stehen die Informationen und digitalisierte Anleitungen für die Wartung auf mobilen Endgeräten zur Verfügung. Weiterhin benötigen Beschäftigte aus der Instandhaltung regelmäßig Maschinenanleitungen für die Wartung. Die Anleitungen sind oft noch papierbasiert und haben ein hohes Gewicht mit einem Umfang von ca. 100-200 Seiten. Die papierbasierten Anleitungen sind oft unpraktisch, weil es nur ein Original-Exemplar gibt und die Beschäftigten Kopien machen müssen, um z. B. im Stromlaufplan die wichtigen Punkte farblich zu markieren, was im Originaldokument nicht möglich ist. Testungen mit mobilen Assistenzsystemen in Form von Tablets und installierten Apps sollen den Instandhaltern ermöglichen, mobil auf die Maschinenanleitungen zuzugreifen und im Wartungsprozess Markierungen und Änderungen im Online-Dokument vorzunehmen. Außerdem ist eine leichtere Dokumentation der Wartung vorgesehen. Damit stehen Informationen – welche Maschinen und Anlagen zu welchem Zeitpunkt zu überprüfen sind – zur Verfügung, die im Fall einer Störung die Lösungssuche vereinfachen sollen. Zukünftig geplant ist weiterhin, alle Daten der Wartung und der Störungsbehebung zusammenzuführen.

Weitere Pilotprojekte befassten sich mit neuen Technologien zur Störungsprävention und mobilen Störungsbearbeitung. Dies ermöglicht, die Störmeldungen systematisch zu erfassen und für spezifische Maschinen und Anlagen auszuwerten. Die Beschäftigten gehen im Fall einer Störung mit mobilen Endgeräten wie Smartphones oder Tablets an die Maschinen und Anlagen. Die Anwendungen sollen plattformunabhängig über eine Web-App bzw. Web-Applikation mit einer Schnittstelle zu SAP vernetzt sein. Die Instandhaltungskräfte testeten im Rahmen dessen auch eine Wärmebildkamera. Die Kamera sollte über Wärmesensoren Temperaturunterschiede erfassen und überhitzte Leitungen erkennen. In einem Szenario kommen die Beschäftigten der Instandhaltung bei der regelmäßigen Wartung zur Maschine und lesen mit kleinen Scannern direkt die Temperaturdaten ab. Getestet wurde auch, wie Störmeldungen direkt an der Maschine bearbeitet und dokumentiert werden können. Zum Beispiel,

indem Beschäftigte Bilder oder Notizen direkt vor Ort hinzuzufügen. Das spart Wege bei der Nachbereitung der Einsätze, die zuvor am Arbeitsplatz mit dem PC bearbeitet wurden. Der Nutzen aus Sicht der Instandhaltungskräfte liegt in der direkten Abarbeitung der Aufträge vor Ort, mit den entsprechenden Möglichkeiten, die Anwendung mit dem Ersatzteilmanagement zu verknüpfen. Zu einer Verstetigung kommt es durch technische Schwierigkeiten zu einem viel späteren Zeitpunkt. In einem anderen Szenario wurde erprobt, wie die Signale der Maschinen proaktiv über eine Nachricht an die mobilen Endgeräte der Instandhaltungskräfte gesendet werden. Ob sich diese Anwendung durchsetzt, war am Ende der Studie noch nicht absehbar.

Nicht alle Pilotprojekte in der Instandhaltung erreichen die Phase der Verstetigung. Nach einer Evaluation am Ende des Pilotprojektes entscheiden Führungskräfte meist in Kooperation mit Anwender*innen, ob es zu einer Verstetigung kommt oder ob die Projekte zurückgestellt bzw. verworfen werden. Es kommt nicht selten vor, dass Pilotprojekte wieder verworfen werden, weil die technischen Möglichkeiten und die Anwendungsgebiete nicht in Übereinstimmung zu bringen sind. Das war zum Beispiel bei Anwendungsszenarien zur Störungsbeseitigung mit virtuellen Assistenzsystemen wie Wearables (Smart Glasses und Smart Lenses) der Fall. Im Testbetrieb stellte sich heraus, dass die technischen Lösungen für einen regelmäßigen Anwendungsfall in der industriellen Instandhaltung noch nicht genügend ausgereift sind. Problematisch waren die Unsicherheit in der Datenverbindung (W-Lan) und die unvorteilhafte Bedienung, die zu Akzeptanzproblemen bei den Beschäftigten führte. Mit dem Szenario sollte ursprünglich das Problem gelöst werden, die Rufbereitschaft von Instandhaltungskräften während der Nachtschicht zu abgelösen. Als virtuelle Assistenz sollte bei Störungen eine VR-Brille (Smart Glasses) für die Ferndiagnose zum Einsatz kommen. Unter der Anleitung erfahrener Arbeitskräfte aus der Instandhaltung sollte dies den Beschäftigten in der direkten Produktion ermöglichen, kleinere Eingriffe selbst durchzuführen. Die Anwendung funktionierte im Testbetrieb nicht zuverlässig und so wurde stattdessen eine freiwillige Spätschicht eingeführt, um Arbeitskräfte mit Sach- und Fachkenntnissen vor Ort zu haben und damit die Erreichbarkeit der Instandhaltung über alle Schichten ohne technische Hilfsmittel auszudehnen. Auch wenn die Pilotversuche mit Wearables zur virtuellen Störungsbeseitigung daraufhin zurückgestellt wurden, gehen die Instandhaltungskräfte zukünftig von einem Einsatz mit solchen Smart Devices aus, da die Software bereits angeschafft wurde. Einen systematischen Einsatz erwarten erfahrene Instandhaltungskräfte frühestens in den nächsten fünf bis zehn Jahren, was laut Expert*innen einen Personalabbau in der Instandhaltung nach sich ziehen könnte.

„Was in Zukunft kommen wird? Die Glasses! Die IT ist einmal angeschafft und dann läuft es, dann brauchst du weniger Personal. Es wurde erstmal ein anderes Modell gefunden. Ähm, das heißt nicht, dass die Sachen völlig vom Tisch sind. Nur sie sind halt alle nicht in der kurzfristigen Umsetzung, sondern das sind alle Überlegungen für die Zukunft. Für die mittlere bis ferne Zukunft. Weniger Personal, also dann brauchst du nicht mehr zwei Leute, die du Spätschicht bezahlst, sondern nur noch den einen, der sowieso Spätschicht da ist. Deutet sich für mich so an.“ (F5 Instandhalter 1 #00:12:26-2#)

„HoloLens Es ist meines Wissens immer noch in Planung. Für mich also gefühlt ein bisschen eingeschlafen.“ (F6 Instandhalter 2 #01:02:08-0#)

Ein weiteres Pilotprojekt, das nicht verstetigt wurde, weil die geringen Datenmengen nicht zu einer sinnvollen Anwendung führten, war der Test von digital vernetzten Bestellungen von Ersatzteilen. Mit Assistenzsystemen sollten Beschäftigte einen schnellen Überblick über den Status der Bestellungen erhalten und zusätzlich war eine Verknüpfung mit digitalen Wartungs- bzw. Störungsanwendungen geplant. Im Fall der mobilen Assistenzsysteme für Bestellungen hatte die Testperson auch ohne das Assistenzsystem mit einer Excelliste und SAP alles im Blick, so dass sich eine technologische Unterstützung bisher aus betriebswirtschaftlichen Gründen als ineffizient erwies und das Projekt daher eingestellt wurde.

Im Zusammenhang mit den Pilotprojekten zur datenbasierten Wartungs- und Störungsplanung werden auch mobile und virtuelle Assistenzsysteme getestet, die plattformunabhängig über eine Web-Applikation mit SAP-Schnittstellen vernetzt sind. Geplant ist, dass die Beschäftigten auf ihren mobilen Endgeräten die relevanten Informationen zur Wartungsorganisation und zu Störungsmeldungen an Maschinen und Anlagen abrufen können, so dass sie ihre Aufträge ortsunabhängig priorisieren und dokumentieren können. Der Nutzen besteht laut der befragten Instandhaltungskräfte in der direkten Abarbeitung der Aufträge vor Ort und darin, dass sie einen Überblick haben, welche Störungen wann bereits aufgetreten sind und den entsprechenden Möglichkeiten, die Anwendung mit dem Ersatzteilmanagement verknüpfen zu können. Vor allem können sie mit diesen Systemen dem Auftrag unkompliziert auch Bilder oder Notizen direkt hinzufügen. Das spart aus Sicht der Beschäftigten und der Führungskräfte Zeit und Wege. Bisher wurde etwa eine Störmeldung am PC-Arbeitsplatz nachbearbeitet und dafür waren mehrere Programme notwendig. Bei ungeplanten Aufträgen kam die Nachbearbeitung deshalb manchmal zu kurz.

Im Kontext von Industrie 4.0 sind mit der Einführung neuer Roboter zum Lasern, Löten und zur optischen Prüfung elektronischer Teilerzeugnisse neue Tätigkeitsfelder für Instandhaltungskräfte entstanden. Am Anfang der Einführung ist noch unklar, wer die Wartung der Roboteranlagen übernehmen wird. Die Führungskräfte der Instandhaltung strukturieren die Teams neu und es entstehen neue Teams mit unterschiedlichen Arbeitsschwerpunkten. Ein Team spezialisiert sich auf Robotik. Die neu organisierte Arbeitsteilung spielt im Hinblick auf die Anschaffung neuer Maschinen und Anlagen sowie für den Wissenstransfer eine große Rolle.

Die Einführung neuer Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion betrifft auch die Arbeitsprozesse der Instandhaltungskräfte. Beispielsweise stellen die eingeführten THT-Automaten zur Bestückung mehr Informationen als bisher zur Verfügung, die relevant für die Planung von Wartungen sind. Weiterhin wurden innerhalb von zwei Jahren alte Linien Stück für Stück durch stärker automatisierte Bestückungslinien ersetzt; diese neuen Linien erstellen automatisierte Protokolle auf Basis von Maschinendaten und entsprechenden Vorgaben. Auf den Protokollen finden sich prozentuale Angaben, wann die nächste Wartung der Komponenten stattfinden müsste und wo demnächst eine Störung auftauchen könnte. Beschäftigte der Instandhaltung sind verantwortlich für das Auslesen und Auswerten dieser Informationen und organisieren auf Basis dieser Informationen die Serviceeinsätze. Die datenbasierte Organisation nehmen Instandhaltungskräfte positiv wahr, weil es den

Organisationsaufwand verringert. Außerdem lassen die Pläne den Beschäftigten genügend Handlungsspielräume.

Die Vernetzung in der direkten Produktion wie der SMT-Bestückung betrifft ebenfalls die Instandhaltung. Die Fehler, die nicht von der Maschine kommen, sondern aus der Vernetzung resultieren, erkennen die Instandhaltungskräfte nicht sofort. Grund ist fehlendes Erfahrungswissen. Schulungen, die sich mit der Vernetzung beschäftigen, gab es im Zeitraum der Studie nicht. Nur Schulungen mit dem Maschinenhersteller, die sich nicht auf das Vernetzungsthema spezialisieren und die Wissensvermittlung auf eine Maschine/Anwendung beziehen. Externe Firmen, die in den Werken die Vernetzung der technischen Schnittstellen übernehmen, bieten keine derartigen Schulungen an.

Im Rahmen der betrieblichen Datenstrategie versucht auch die Instandhaltung Anwendungen zu finden, die zunehmende Datenverfügbarkeit in der direkten Produktion für die Instandhaltung nutzbar zu machen. Anfangs gibt es Tests für digitale Endgeräte bezüglich der Sammlung von Daten. Innerhalb kurzer Zeitabschnitte testen Instandhalter die Anwendungen und klären, ob sie sinnvoll für die Unterstützung im Arbeitsprozess der Beschäftigten sind. Nach der Evaluation entscheiden Führungskräfte in Kooperation mit Anwender*innen, ob es zu einer Verstetigung kommt oder ob die Projekte zurückgestellt bzw. verworfen werden.

Aus Sicht der befragten Expert*innen steht die Entwicklung virtueller Assistenzen im Vordergrund. Sie befürworten zum Beispiel Wearables-Anwendungen wie etwa Brillen, Uhren, Handschuhe oder HoloLens mit der Überlegung, wie Informationen gut sichtbar bereitzustellen sind, die mit anderen Systemen wie SAP laufen oder MES verbunden sind (Stichwort: Traceability und Business Integration). Die Anwendungsfälle für eine vertikale Integration fehlen jedoch oder scheitern teilweise an der SAP-Kompatibilität. Die Vernetzung der Standard-Schnittstellen an den Maschinen mit der Instandhaltung und Logistik ist aus Sicht der Digitalexperten auch zum Ende der Studie noch schwierig. Oft übersteigen die Anwendungsfälle die Buchungsaufwände oder die Informationsflüsse sind noch zu umfangreich, um sie über Displays zu steuern oder entsprechend große Displays sind dann unhandlich.

Aus Sicht der Führungskräfte geht es in der Instandhaltung darum, dass Fachkräfte aus der klassischen Instandhaltung und Fachkräfte des Technologiesupports enger zusammenarbeiten, um neues Wissen zu entwickeln. Außerdem betonen Führungskräfte, dass die frühzeitige Einbindung der Instandhaltungskräfte in Anschaffungsprozesse neuer Maschinen und Anlagen stärker als zuvor erforderlich ist und noch vor der Einführung stattfinden soll, um spezifische Anforderungen des Betriebes im Vorfeld abzuklären.

Aus Sicht der befragten Instandhaltungskräfte ist die frühzeitige Einbindung und das Ausprobieren vor Einführung neuer Technologien hilfreich, um die Nutzerfreundlichkeit und Störanfälligkeit der Maschinen, aber auch Ersatzteilverfügbarkeit und Serviceverfügbarkeit der Hersteller zu evaluieren. Sie betonen, dass sich neue automatisierte Anlagen im Hinblick auf die Wartung von den Vorgängerversionen nur marginal unterscheiden und sie im Grundprinzip keine größeren

Veränderungen erkennen. Sie betonen aber auch, dass es im Kontext von Industrie 4.0 zu einer Ausdehnung der Automatisierung und zu einer verstärkten Vernetzung der Anlagen kommt und sich dadurch die Tätigkeitszuschnitte für einige Instandhaltungskräfte ändern.

In Bezug auf datengestützte Ansätze der Wartung und Störungsbehebung sind die befragten Instandhaltungskräfte zu Beginn der Studie aufgeschlossen für alle Veränderungen. Sie befürworten mobile Anwendungen zur Wartung und zur Abarbeitung von Störmeldungen und beteiligen sich regelmäßig am Austausch, wie die Anwendungen zu gestalten sind. Standardisierte Wartungsplanungen, die auf Berechnungen der Maschinendaten beruhen, nehmen Instandhaltungskräfte als eine Verbesserung wahr und betonen, dass neu eingeführte Maschinen und Anlagen per se weniger wartungsintensiv und zu einer Verringerung der der Störmeldungen führen. Ihrer Ansicht nach verstärken immer kürzere Einführungszyklen aber Standardisierungseffekte bei Fachkräften. Die Einführung neuer Technologien zur mobilen Störungsbehebung ist aus Sicht der Beschäftigten vorteilhaft für komplexe Maschinenstörungen. Erfahrene Instandhalter lösen unvorhergesehene Probleme zwar weiterhin innerhalb kurzer Zeit mit ihrem Erfahrungswissen, aber datenbasierte Störprotokolle unterstützen die Fehleranalyse. Aus ihrer Sicht erleichtert das datenbasierte Organisieren der Serviceeinsätze die Vorbereitung und die Abläufe. Im Verlauf der Studie zeigen sich ambivalente Präferenzen bei einigen Instandhaltungskräften. Einige Instandhalter sehen in der mobilen Anwendung für die Wartungsplanung viele Vorteile, denn bei der Suche nach bestimmten Aspekten erleichtert die Wortsuche in den Anleitungen das schnelle Auffinden und entlastet zudem körperlich, da sehr umfangreiche Maschinenanleitungen in Papierform schwer und unhandlich sein können. Andere sind eher für Anleitungen und Pläne in Papierform, denn auf der papierbasierten Version ist das Einarbeiten der Notizen leichter.

Aus Sicht der Betriebsräte handelt es sich bei den Pilotprojekten in der Instandhaltung um Versuche, die erst zu einem späteren Zeitpunkt diskutiert werden sollten. Zum Beispiel wenn sich eine Verstetigung abzeichnet. Sie betonen, dass sie die Einbindung der Beschäftigten mit der Umstrukturierung der Teams unterstützt haben und viele Formate zur Verfügung stehen, sich über neue Entwicklungen auszutauschen. Ein Risiko für die Abwertung der Instandhaltungsaufgaben sehen die befragten Betriebsräte vorläufig nicht.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im Rahmen der übergeordneten Datenstrategie mehrere neue Ansätze zur Datenerfassung als Pilotprojekte in der Instandhaltung erprobt wurden. Die konkrete Umsetzung von *Smart Maintenance* (Acatech, 2015) bezieht sich auf die typischen Arbeitsprozesse von Instandhaltungskräften, d. h. die Wartung und die Störungsbehebung an bestehenden Produktionsmaschinen und -anlagen sowie neuen THT-Automaten und SMT-Linien in der Bestückung, aber noch nicht auf die Robotersysteme in der Montage.

Zukünftig ist damit zu rechnen, dass sich mit den getesteten Systemen die Aufgaben in der Instandhaltung verschieben. Es deutet sich an, dass die datengestützte Wartungsplanung zunimmt und damit zu einer Ausdehnung standardisierter Arbeitsprozesse bei Instandhaltungskräften führt. Das

könnte ein Hinweis auf eine *Objektivierung von Erfahrungswissen* bei Fachkräften sein, die sich deutlich an dem Beispiel zeigte, dass die Beschäftigten den Rhythmus der Wartungen aus Erfahrung ähnlich einschätzen, wie es nun die Maschine vorgibt. Die datengestützten Vorgaben könnten zu einer neuen Instanz werden und Handlungsspielräume bei Fachkräften einschränken. Weiterhin deutet sich an, dass kurzfristig anfallende Aufgaben abnehmen und das Erfahrungswissen in den Hintergrund rückt. Das könnte eine Absenkung der fachlichen Anforderungen nach sich ziehen. Gleichzeitig deuten sich zunehmende Anforderungen durch die Programmierungen und Vernetzungen der Anlagen an. Für diese neuen Aufgaben des Instandhaltungsberufs kommen vorwiegend akademisch ausgebildete Datenanalyst*innen infrage, während für die erfahrenen Instandhaltungskräfte überwiegend geplante Wartungen mit Unterstützung von Wissensmanagementsystemen zunehmen. Mit der Tendenz zur Rationalisierung gerät aber die Selbstbestimmung im Arbeitsprozess der Fachkräfte unter Druck und polarisiert die Anforderungen in der Instandhaltung.

4.2.4 Portrait 4: Arbeit in der Logistik

Die Arbeit in der Logistik ist wie die Instandhaltung den produktionsnahen Dienstleistungen zugeordnet. Entlang der Wertschöpfungskette sorgt die Logistik dafür, dass Rohstoffe, Materialien, Bauteile usw. für die Produktion zum passenden Zeitpunkt in der direkten Produktion verfügbar sind und die Lagerung der gefertigten Erzeugnisse so erfolgt, dass eine fristgerechte Lieferung an Endabnehmer*innen eingehalten wird. Die Logistik liegt an der Schnittstelle zur direkten Produktion und ist intern in drei zentrale Bereiche unterteilt. Dazu gehören der Wareneingang und der Versand, die an der Schnittstelle zu externen Partnern, Zulieferern und Kunden liegen, sowie die interne Materialversorgung mit kleineren Zwischenlagern in den Betrieben. Die eingesetzten Technologien in der Logistik unterstützen verschiedene Ablaufprozesse in der Abteilung und dienen als sogenannte *Organisationstechnologien*.

4.2.4.1 Arbeitsorganisation in der Logistik

Die Arbeit in der Logistik ist hierarchisch und arbeitsteilig organisiert. Die Logistikbeschäftigten sind oft angelernt und haben daher keine formale Qualifikation für diese Tätigkeiten. Wie die Beschäftigten in der direkten Produktion arbeiten auch Logistikbeschäftigte im Schichtbetrieb. Pro Schicht sind die Beschäftigten in Teams mit sechs bis fünfzehn Personen eingeteilt und werden von den Teamleitungen koordiniert. Übergestellt sind zwei Leitungsebenen mit disziplinarischen Aufgaben, wie Weiterentwicklung der Abteilung durch fachlichen Austausch sowie Kompetenzentwicklung und Motivation der Beschäftigten. Hierfür sind die Gruppen- und Abteilungsleitungen zuständig.

Im Wareneingang arbeiten vorwiegend männliche Beschäftigte mit einem Durchschnittsalter von rund 43 Jahren, die die zugelieferten Materialien technisch erfassen. In der internen Materialversorgung arbeiten zu fast gleichen Teilen männliche und weibliche Beschäftigte mit einem Altersdurchschnitt von rund 40 Jahren. Im Versand arbeiten hauptsächlich männliche Beschäftigte mit einem Durchschnittsalter von über 45 Jahren, die fertige Erzeugnisse für die Auslieferung an die Empfänger

vorbereiten und für die richtige Verpackung der fertigen Erzeugnisse zuständig sind bzw. größere Einheiten verpackter Erzeugnisse an externe Transportunternehmen und Logistikdienstleister (wie DB Schenker, DHL usw.) übergeben.

Saisonal unterstützen oft fachfremde Leihkräfte die Logistikbeschäftigten, die durchschnittlich in vier bis sechs Wochen eingearbeitet werden. Die erforderlichen Kompetenzen erlernen die Beschäftigten fast ausschließlich im Prozess der Arbeit. Das beinhaltet ein Grundverständnis für die jeweiligen Prozessabschnitte der Logistik, was kaum in formalen Schulungen vermittelt werden kann. Im Verlauf ihres Erwerbslebens lernen die Beschäftigten durch die abteilungsspezifischen Rotationszyklen weitere Logistikabläufe – und damit verbunden auch Abläufe in der direkten Produktion – kennen. Außerdem sind einige Anlernprozesse über sogenannte Patenschaften geregelt. Die Führungskräfte benennen die Paten und mit Checklisten lernen erfahrene Beschäftigte dann die saisonal beschäftigten Leihkräfte an.

Seit 2017 zeichnet sich ein Trend ab, dass in der Logistik nicht mehr nur Quereinstiege über die Leiharbeit möglich sind, sondern es wurde ein eigenes Ausbildungsangebot entwickelt. Dabei besteht die Möglichkeit, in nur zwei Jahren einen Abschluss zur Fachkraft für Lagerlogistik zu erlangen. Die Auszubildenden gehen zweimal in der Woche zur Berufsschule und durchlaufen im Betrieb die beschriebenen Logistikbereiche, um alle Prozesse vertieft kennenzulernen. Die späteren Tätigkeiten konzentrieren sich dann auf die klassischen Bereiche der Lagerlogistik wie Warenannahme und Versand sowie auf die Bestandsaufnahme und die Kommissionierung der Erzeugnisse.

4.2.4.2 Arbeitsprozesse in der Logistik

Die Arbeitsprozesse in der Logistik haben einen hohen Wiederholungscharakter. Die Beschäftigten arbeiten vorwiegend manuell mit einem geringen Maß an Autonomie. Die Logistiker verstehen sich selbst als „Dienstleister mit einem besonderen Spirit“ und definieren ihre Aufgabe als „Schnittstellenaufgabe“ in der Fertigung und als „Schnittstellenaufgabe nach außen“ bezüglich der Zulieferer und Endabnehmer (Protokolle Exploration).

„Bei uns fängt's vorne an, hört hinten auf und wir haben in sämtliche Bereiche hier im Haus Schnittstellen. Wir haben eine Wertschöpfungskette. Die Logistik hat außen rum dafür zu sorgen, dass diese Wertschöpfungskette richtig funktioniert und das ist bei vielen, glaub ich, noch nichts so richtig angekommen im Kopf. Also ich würde sagen, wenn die Logistik nicht richtig arbeitet, kann auch die Fertigung nicht richtig arbeiten. Ohne Material kann ich ja super Know-how haben und qualifiziert sein, ohne Material kann ich nichts machen. Vom Servicegedanken unterscheiden wir schon. Also ein externer Kunde, der am Ende die Rechnung bezahlt, hat einen anderen Stellenwert.“ (F5 Logistik 1 #00:39:49-2#)

Die zentralen Tätigkeiten in der Logistik bestehen typischerweise darin, den gesamten Materialfluss im Werk sicherzustellen. Zu den Tätigkeiten gehören der Transport, die Kommissionierung, die Lagerung und die Koordination dieser stark arbeitsteiligen Bereiche. Die Steuerung der Materialien erfolgt über ein sogenanntes Kanban-System, das mit SAP-Anwendungen im Wareneingang, in der internen Materialversorgung und im Versand vernetzt ist.

Die Tätigkeiten empfinden Beschäftigte oft als körperlich herausfordernd. Zum Beispiel gehört dazu die Entnahme aus den Verpackungen angelieferter Teile im Wareneingang. Die angelieferten Teile kommen in großen Mengen auf Wagen und wichtig ist die korrekte Erfassung des Materials. Für die Erfassung kommen technische Hilfsmittel wie kleine Handscanner für die Einbuchung der angelieferten Teile zum Einsatz. Die Anwendungen sind mit einem spezifischen Datenbanksystem für Logistikprozesse verknüpft. An einem PC-Arbeitsplatz erfassen die Beschäftigten die angelieferte Menge und ordnen sie den Bestandsdaten der Materialien zu. Diese Daten können von anderen Beschäftigten in der Logistik jederzeit abgerufen werden, so dass die Materialbestände transparent sind.

Nach der Bestandsaufnahme verteilen die Beschäftigten die Materialien in ein großes Zentrallager mit hohen Regalen. Für die richtige Zuordnung und Verteilung der Materialien kommen weitere technische Assistenzsysteme zum Einsatz, die an einigen Regalen angebracht sind. Mit einem sogenannten Pick-by-Light erhalten die Beschäftigten Signale, die ihnen anzeigen, welche Teile wo zu finden bzw. einzusortieren sind. Andere Beschäftigte verteilen die ausgewählten Materialien in spezifische Zwischenlager. Die weitere Verteilung erfolgt dann durch wieder andere Beschäftigte manuell mit einem Kanban-System. Hierfür holen die Logistikbeschäftigten mehrmals täglich die benötigten Bauteile aus kleineren Regalen und nutzen ausgedruckte Listen, die zuvor von den Teamleitungen am PC aus der zentralen Datenbank abgerufen wurden. Sie gehen mit den Listen durch die Regale und suchen nach den entsprechenden Materialnummern. Dann entnehmen sie die Teile und befüllen kleine Behälter mit der vorgegebenen Menge mit dem Material. Nachdem die entsprechenden Teile in kleine Behälter gefüllt sind, verteilen die Beschäftigten die Behälter mit den Materialien in der direkten Produktion. Dort sammeln sie die leeren Behälter in regelmäßigen Abständen auch händisch wieder ein. Über sogenannte Kanban-Karten erhalten sie die Information, welches Material nachgefüllt werden muss. Bei Klein- und Kleinstteilen, wie sie in der Produktion elektronischer Erzeugnisse häufiger vorkommen, laufen sie zu Fuß mehrmals täglich durch die ihnen zugeteilten Produktionsbereiche. Eine Logistikbeschäftigte beschreibt den typischen Tagesablauf in der Beobachtung wie folgt:

„Wir sind immer in Bewegung. Es ist ein Nehmen und Losgehen und nicht viel denken, aber es sind lange Fußwege (...) Die Kollegen laufen viel hin und her jeden Tag und jede Verkürzung der Fußwege finden wir alle gut.“ (F1 Logistik 2)

Für den Transport und die Verteilung größerer Mengen oder schwerer Materialteile kommen zusätzlich Transportgeräte wie Gabelstapler oder Zugwagen zum Einsatz, die von einigen Beschäftigten mit speziellen Zulassungen gefahren werden. In einigen Produktionsbereichen fahren Beschäftigte auf kleineren Transportfahrzeugen durch die Werkhallen und verteilen die Materialien. Es handelt sich bei der internen Materialversorgung nicht um eine körperlich schwere Tätigkeit, dennoch sind die zurückgelegten Distanzen durch das Lager für einige Beschäftigte auf die Dauer körperlich ermüdend. Um den Transport zu erleichtern, wird mit einem neuen technologischen Transportsystem (auch autonomes Fahren) experimentiert.

„Wir müssen als Logistik unseren Teil beitragen und dafür sorgen, dass die Materialien entsprechend eingelagert sind. Wir sorgen dafür, dass alles in SAP angelegt ist.“ (F5 Logistik 3 #00:20:48-1#)

Störungen im Arbeitsprozess treten auf, wenn Materialnummern oder Zuordnungen falsch eingetragen sind und der Produktionsfluss dadurch gestört wird. Einige Logistikbeschäftigte (meist Teamleitungen) bearbeiten am PC diese Störungen und korrigieren zügig die Einträge in der zentralen Datenbank. Auf dem Shopfloor entscheiden ebenfalls die Teamleitungen, nach welchen Prämissen die Störmeldungen einzuschätzen sind, und versuchen mit ihrem Team die Störungen schnell zu beheben, indem sie die fehlerhaften Materialien entfernen und durch richtige Materialien ersetzen. Permanente Inventuren und Bestandskontrollen im Zentrallager und in den Zwischenlagern gehören deshalb ebenfalls zur wichtigen Aufgabe in der internen Materialversorgung. Die Beschäftigten bedienen dabei bisher manuell Zählmaschinen, die von Logistikbeschäftigten als aufwändig beschrieben werden. Es gibt aber erste Versuche, eine automatisierte Inventur mit digitalen Anwendungen durchzuführen.

Insgesamt ist der Abstimmungsbedarf in der Logistik hoch. Die Verständigung zwischen den Beschäftigten in der Logistik und denen in der Fertigung erfolgt im Wesentlichen noch über mündliche Absprachen im direkten Arbeitsprozess. In unmittelbarer Nähe zu den anderen Logistikbeschäftigten befinden sich die Führungskräfte, die an typischen Büroarbeitsplätzen mit PCs, Tablets und Smartphones arbeiten, um bei Problemen schnell für die Beschäftigten erreichbar zu sein.

4.2.4.3 Anforderungen an die Beschäftigten in der Logistik

In der Logistik arbeiten typischerweise formal gering qualifizierte Beschäftigte. Sie werden im Prozess der Arbeit angelernt. Die Anlernzeit dauert wenige Wochen, um das Wissen zu festigen und routinierte Arbeitsabläufe zu entwickeln. Es gibt nur sehr wenige Beschäftigte, die gar keine Ausbildung haben. Vielmehr sind es oft Beschäftigte mit einer fachfremden Ausbildung wie zum Beispiel gelernte Schlosser, die Sendungen im Versand verpacken. Sie sind in der Vergangenheit über Leiharbeitsfirmen in die Betriebe gekommen und wurden nach einer Anlernphase in Festanstellung übernommen. Die Erfahrungen, die sie inzwischen gesammelt haben, spiegeln sich nach Ansicht der Beschäftigten oft nicht ausreichend im Einkommen wider. Die angelernten Beschäftigten sind in den unteren drei bis vier Einkommensstufen (ERA) eingruppiert. Die Einkommensgruppe hängt dabei weniger von der tatsächlichen Qualifikation ab, als vielmehr von der Eingruppierung der ausgeführten Tätigkeit. Eine Führungskraft der Logistik sieht in dem Entgeltsystem Schwächen, weil Erfahrungswerte keine Anerkennung finden, und formuliert das wie folgt:

„Es kommt vor, dass ein Professor Dr. bei mir Pakete auspackt. Der wird fürs Pakete auspacken bezahlt (...) das ist der Entgelttarifvertrag, den wir haben. Auch wenn er schon 20 Jahre hier ist. Es wäre wichtig, dafür eine Anerkennung zu finden, die ich aktuell nicht sehe. Für die Wertigkeit müsste man sich was überlegen, wenn die Leute auch flexibel einsetzbar sind.“ (F5 Logistik #01:12:01-1)

Die festangestellten Beschäftigten in den drei typischen Aufgabenbereichen arbeiten oft schon sehr lange in der Logistik. Sie verfügen über gute Materialkenntnisse. Die benötigten Materialkenntnisse sind oft besondere Kenntnisse, die Beschäftigte nur intern in gesonderten Einweisungen erwerben, und über die Zeit kumulieren sich verschiedene Erfahrungswerte zu einem umfangreichen Erfahrungswissen in der Lager- und Regalorganisation. Materialien und Bauteile können im Zentrallager richtig zugeteilt, die

entsprechenden Materialien können kommissioniert und die Erzeugnisse zum Weitertransport an die Kunden richtig verpackt werden, usw. Die Beschäftigten betonen, dass Erfahrungswissen für eine schnelle Ausführung der Arbeitsprozesse hilfreich ist, aber auch ein technisches Verständnis und ein Verständnis für den gesamten Logistikprozess. Die Beschäftigten betonen, dass sie sich jedes Mal flexibel auf die Anforderungen einstellen und zunehmend PC-Kompetenzen notwendig sind. Zum Beispiel benötigen Logistikbeschäftigte im Versand oft Kenntnisse über die Verpackungs- oder Lagerbesonderheiten, wenn fertige Erzeugnisse in asiatische Länder oder nach Saudi-Arabien ausgeliefert werden. In solchen Fällen müssen die Beschäftigten viel über die Produkteigenschaften und bestimmte Vorschriften zur Lagerung und Kühlung des Materials wissen, aber auch wichtige Zollbestimmungen usw. kennen. Zudem benötigen sie Fremdsprachenkenntnisse, wenn sie mit externen Kunden kommunizieren.

Die Aufgaben der Teamleitungen sind im Vergleich zu den Tätigkeiten des übrigen Teams deutlich komplexer. Im täglichen Schichtbetrieb koordinieren sie die Aufgabenzuteilung für ihre Teams. Hierfür müssen sie die Anforderungen in den einzelnen Logistikprozessen genau kennen. Überdies erstellen Teamleitungen Schicht- und Urlaubspläne und benötigen dabei grundlegende PC-Kenntnisse und Kompetenzen zur Bedienung verschiedener Software-Anwendungen und Datenbanksysteme; auch die Bearbeitung von SAP-Störprotokollen gehört dazu. Zur Priorisierung der Störungen wiederum ist viel Erfahrungswissen nötig, um die Prämissen für Störmeldungen im Logistikprozess richtig einzuschätzen. Oft geht das Wissen weit über ein technisches Bedienerwissen hinaus. Offizielle SAP-Schulungen sind selten und im Arbeitsalltag zeigen sich die Beschäftigten mitten im Tagesgeschäft während anderer Aufgaben gegenseitig, wie die Anwendungen funktionieren. Der kollegiale Erfahrungsaustausch wird daher von den Beschäftigten als eine wichtige Voraussetzung zur Bewältigung der Aufgaben in der Logistik angesehen. Für die operative Aussteuerung der Teams benötigen die Teamleitungen in der Logistik neben grundlegenden fachlichen, technischen und organisatorischen Kompetenzen vielseitige Führungskompetenzen. Es dauert teilweise Jahre, um bestimmte Abläufe in der Fertigung und Logistik zu verstehen und daraus Routinen in der Personalführung zu entwickeln. Dazu gehört die Koordination interner Schulungsprozesse wie Anlernprozesse, Sicherheitsunterweisungen usw. Hier werden jährliche Entwicklungsgespräche mit den Beschäftigten geführt und im Team kontinuierliche Verbesserungsprozesse (KVP) angestoßen. Weiterhin sind sie verantwortlich für die Weitergabe von Informationen zu neuen Entwicklungen in der Abteilung oder zu Störungen in der vorherigen Schicht. Für alle diese Aufgaben der Teamleitungen sind insbesondere kommunikative Kompetenzen erforderlich.

4.2.4.4 Umsetzungsstand Industrie 4.0 in der Logistik

Im vertieft untersuchten Betrieb A sind in der Logistik verschiedene Entwicklungen ersichtlich, die sich auf die Arbeit in der Logistik und die Anforderungen an die Beschäftigten auswirken. Zum einen werden neue Technologien eingeführt, aber nicht alle lassen sich Industrie 4.0-Ansätzen zuordnen. Erkennbar sind vor allem kontinuierliche Weiterentwicklungen der Automatisierungstechnologien, die in den vergangenen Jahrzehnten nach Ansicht der Beschäftigten kontinuierlich ansteigen.

Eine zentrale Veränderung in der Logistik war die Einführung eines elektronischen Kanban-Systems (E-Kanban) für die interne Materialversorgung. Die E-Kanban-Variante ist eine weiterentwickelte Variante eines Kanban-Systems und funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie die analoge Variante. Die technologische Variante des Kanban-Systems ist eine von mehreren Anwendungen in der Logistik, die im Zuge der übergreifenden Datenstrategie erkennbar ist. Das neue System ist ebenfalls mit SAP-Datenbanken der Logistik verknüpft, gibt jedoch automatisierte Signale an SAP, wenn die Bestände der Materialien in den Lagerfächern in der direkten Produktion aufgebraucht sind. Zuvor haben die Beschäftigten diese Tätigkeit manuell erledigt und hatten viele Fußwege, um die Kisten oder die Materialschilder aus der Produktion abzuholen und damit den Materialbestand festzustellen. Im Vergleich zu händisch gesteuerten Excel-Listen legen die Beschäftigten in SAP nur noch den entsprechenden Kanban an und können den Auftrag schnell bearbeiten oder bei Bedarf unkompliziert löschen. Beschäftigte nutzen zusätzlich mobile Geräte wie etwa kleine Handscanner, mit denen sie Materialien in die Bestandslisten ein- oder auslagern. Der Auftrag zum Nachfüllen der Materialbestände wird nun durch das veränderte Gewicht im Regal automatisiert ausgelöst und die Daten an das SAP-System gesendet. Das übergeordnete Ziel der Anwendung ist eine Optimierung interner Materialflüsse zwischen der direkten Produktion und den Zwischenlagerorten. Zudem sind mehr Daten verfügbar, die eine leichtere Kontrolle des Materialflusses ermöglichen. Das System gibt die Priorisierung vor und die Beschäftigten haben nicht mehr die Möglichkeit, selbstständig über die Abfolgen im Arbeitsprozess entscheiden (auch nicht, ob sie zusätzliches Material dazunehmen, wenn sich das in der Vergangenheit als günstig erwiesen hat). Das kann auch vorteilhaft sein, denn es werden keine fehlerhaften Arbeitsschritte ausgeführt, aber es begünstigt eine Verengung von Handlungsspielräumen. Aus Teamleitersicht geht das Nachfüllen der Materialien viel schneller, da zusätzlich die Bearbeitung in SAP vereinfacht wurde. Auch für die Inventur stehen schneller genaue Informationen bereit, die zuvor manuell über ein mechanisches Spulen abgerufen wurden. Überdies sind die Ausdrücke schneller und fehlerfrei verfügbar und ermöglichen durch die vereinfachte Datenverfügbarkeit eine leichtere Kontrolle des Materialflusses. Die Verteilung der Materialien erfolgt weiterhin durch die Beschäftigten. Mit E-Kanban haben die Logistiker einen Echtzeitüberblick über das Material. Der automatisierte Vorgang stellt aus Sicht der Logistikkräfte eine neue Zeitersparnis dar, denn sie entnehmen die fertigen Listen nur noch aus dem Drucker und stellen dann wie bisher die entsprechenden Materialien für den Transport in die einzelnen Arbeitsstationen zusammen, um mit der Verteilung in der direkten Produktion zu beginnen. Die Beschäftigten beschreiben das eingeführte System als Erleichterung ihrer Abläufe.

Das E-Kanban wurde vor der Einführung umfangreich getestet und anfangs war nicht klar, ob die Einführung von E-Kanban kostendeckend ist. Zur Vorbereitung auf den Testbetrieb haben die Führungskräfte die Teamleitungen in der Logistik informiert. In einem abgegrenzten Bereich der Logistik hat das Team die Regale mit Sensorik versehen, ein Nummerierungssystem für das elektronische Kanban vorbereitet und diese Nummern manuell direkt auf das Material übertragen. Innerhalb eines Jahres fanden kleinere Tests in abgegrenzten Teilbereichen der Fertigung mit wenigen Materialgruppen statt. Das Testverfahren wurde außerdem von einem kleinen Projektteam mit ausgebildeten Fachkräften der Logistik begleitet. Das Team war für die Koordination zuständig, da die Programmierung mit

externen Firmen und der internen IT-Abteilung erarbeitet werden musste. Die internen Anforderungen wurden dabei in sogenannte *User-Stories* transformiert. In diesem Prozess konnte eine deutliche Objektivierung von Wissen beobachtet werden, bei denen die umfangreichen Materialkenntnisse des Logistikteams nun in einer Art digitalem Handbuch zum Nachlesen hinterlegt ist. Nach einem Jahr war der Testbetrieb samt Evaluation abgeschlossen. Danach folgte eine Ausweitung auf die gesamte Logistikabteilung und eine Anpassung der technischen Schnittstellen in der direkten Produktion. Aus Sicht der befragten Führungskräfte dient dieses Vorgehen dazu, die Materialeingänge in der internen Materialversorgung zu beschleunigen. Sie erwarten zudem eine Verkürzung der Laufwege und einen Wegfall umständlicher Verräumungen auf den Lagerflächen. Damit entfallen ihrer Ansicht nach genau die Punkte, die zuvor oft Störungen im Ablauf verursacht haben. Das System stellt demnach den internen Materialfluss zwischen der direkten Produktion und den Zwischenlagerorten sicher und das Nachfüllen der Materialien geht schneller, da manuelle Bearbeitungsschritte in SAP vereinfacht sind und fehlerbehaftete Arbeitsschritte wegfallen.

Zeitgleich zur Einführung des E-Kanban erfolgte in der direkten Produktion die Einführung der Montage-Roboter. Die Robotersysteme lösen vollautomatisiert den Materialbedarf aus, der im Vorfeld von der Produktionsplanung berechnet wurde. Diese Daten fließen in die Programmierung der Roboter ein, die mit SAP und anderen Systemen verbunden sind. Unabhängig von menschlichen Eingriffen scannt ein System den Materialbedarf, wenn eine Palette oder ein Tray leer ist. In diesem Fall löst das System automatisch (circa alle 20 Minuten) eine Meldung in der Lagerlogistik aus bzw. sendet elektronisch Listen mit dem neuen Materialbedarf an einen zentralen Drucker [d. h. der Prozess ist nicht papierlos]. Die Teamleitungen der Intralogistik erhalten die automatisch generierten Listen und koordinieren weitere Schritte. Dieser Ablauf ist zu Studienbeginn noch nicht störungsfrei und die Logistikbeschäftigten sind auf den regelmäßigen Austausch mit dem Automatisierungsteam angewiesen. Das Automatisierungsteam programmiert die Roboter und passt den Materialbedarf an. Der Prozess vom Testbetrieb bis zum fertig einsetzbaren System wird als umfangreich wahrgenommen, da selbst kleinste Anpassungen viel Zeit in Anspruch nehmen. Vor der Umstellung wurden Anpassungen im zentralen Informationssystem der Logistik vorgenommen und mehrere SAP-DNS-Tests durchgeführt. Die Einbindung der Beschäftigten wurde von den Teamleitungen frühzeitig veranlasst, um systematisch Störungen und Probleme in der Anwendung aufzunehmen. Zum Ende der Studie ist die Akzeptanz der Anwendung hoch, obwohl es Probleme beim Übergang von der alten Variante zum E-Kanban gab. Aus Sicht von Logistikbeschäftigten ist der Echtzeitüberblick über das Material positiv, weil „unnötige“ Arbeitsschritte wegfallen und das eine „Zeitersparnis“ und damit auch „körperliche Entlastung“ ist, da sich die Laufwege verkürzen. Die Verteilungstätigkeiten der Beschäftigten bleiben erhalten.

Außerdem wurden verschiedene Einzelanwendungen in Pilotprojekten erprobt. Die Pilotprojekte sind zeitlich von vornherein als dreimonatige Miniprojekte nach agilen Standards organisiert.

(a) Pilotprojekt: Scannertisch im Wareneingang

Ein Pilotprojekt ist im *Wareneingang* angesiedelt und soll mit einem sogenannten Scannertisch die Einlagerung und Auslagerung von Materialien vereinfachen. Die digitalisierte Wareneingangsprüfung basiert auf einer Lasertechnologie, die aufgedruckte Barcodes am angelieferten Material automatisiert auslesen kann. Die Beschäftigten legen dann nur noch manuell die Materialrollen oder Bauteilrollen auf das Laserfeld und aktivieren den Vorgang per Knopfdruck. Im Hintergrund läuft ein sogenannter Data Matrix Code (DMC), der mit weiteren Anwendungen im SAP vernetzt ist. Diese Anwendung wurde ergänzt durch weitere technische Hilfsmittel wie kleine Handscanner, mit denen die Beschäftigten die angelieferten Teile einbuchen. Zuvor haben die Beschäftigten im Wareneingang jeden einzelnen Barcode manuell ins SAP-System eingegeben. Die manuelle Bearbeitung der Materialeingänge hat aber oft Störungen im Ablauf verursacht. Im Test-Szenario buchen sie über ein mobiles Endgerät (ein speziell programmiertes Handy oder Tablet mit Applikationen wie „mobile SAP“) die angelieferten Materialien ein. Das bedeutet eine Einsparung der Eingabezeiten und der Laufwege. Damit sollen umständliche Verräumungen auf den Lagerflächen entfallen und eine Verkürzung der Laufwege soll zu einer körperlichen Entlastung der Beschäftigten führen. Zusätzlich betonen Führungskräfte den geringeren Papierverbrauch eine damit eine deutliche „Entlastung der Umwelt und Schonung der Ressourcen“ (F5-Logistik 1 #00:09:45-6#).

Vor Beginn des Pilotprojektes definierte ein kleines Projektteam aus bestehenden Fachkräften der Logistik die notwendige Hardware für die Datenerfassung und veranlasste die Programmieraufträge am indischen Standort des Unternehmens. In der ersten Testphase ging es um die Evaluation der grundsätzlichen Anwendungsmöglichkeiten für Wareneingangsprozesse; in der zweiten größeren Testphase erprobten ausgewählte Logistikbeschäftigte im direkten Dialog mit dem Projektteam die Anwendung. Die weitere Anpassung der Programmierung erfolgte in iterativen Schleifen und in Zusammenarbeit mit der unternehmensinternen IT-Abteilung, einer deutschen Software-Firma.

Im Gegensatz zu anderen Projekten wurden diejenigen Beschäftigten verstärkt eingebunden, die diese Technologie später nutzen sollen. Bereits in den frühen Testphasen bekommen die Beschäftigten im Wareneingang Pat*innen an die Seite gestellt, so dass die Beschäftigten bei Problemen eine Ansprechperson des Projektteams vor Ort haben. Alle Beschäftigten im Wareneingang erhalten somit die Gelegenheit zum Ausprobieren und können eigene Ideen einbringen. Die aktive Einbindung der Beschäftigten ermöglicht es dem Projektteam, Ideen oder Vorschläge, aber auch Probleme zu registrieren und systematisch auszuwerten. Aus den Anforderungen der Beschäftigten, die später mit den neuen Anwendungen am Scannertisch arbeiten, formuliert das Projektteam konkrete Aufträge für die Programmierer*innen. Im Pilotprojekt gab es viel Raum für Rückmeldungen und so wurden Ansprüche einbezogen, die am Anfang des Pilotprojektes evtl. nicht ausreichend bedacht worden waren.

Trotz der verstärkten Einbindung läuft die erste Testphase im Pilotprojekt nicht reibungsfrei ab und die Anpassung technischer Schnittstellen zu bestehenden Programmen nimmt viel Zeit in Anspruch, was bei einigen Beschäftigten für Frustration sorgt. Auch der erhöhte Koordinationsaufwand aufgrund vieler Abstimmungsprozesse mit verschiedenen externen Dienstleistungsfirmen zur Programmierung sorgt im Projekt zeitweise für Frustration. Im Verlauf der Testphasen stellt sich heraus, dass immer wieder

technische Anpassungen erforderlich sind. Es vergehen mehrere Monate, bis die richtigen Ausdrücke in SAP automatisiert erzeugt werden, die Scanner korrekt einlesen und die Materialien richtig verbucht werden. Ein ausgewählter Projektmitarbeiter kontrolliert wiederholt, ob alle Daten korrekt ausgelesen und eingespielt sind. Die Projektverantwortlichen sehen in den iterativen Zyklen der Anpassung und der frühzeitigen Einbindung der Beschäftigten eine bedürfnisorientierte Technikgestaltung mit einem anwendungsfreundlichen Zuschnitt der Gerätefunktionen.

Nach längerer Zeit im Testbetrieb kam es auch im Übergang zum Normalbetrieb trotz der intensiven Einbindung wiederholt zu Akzeptanzproblemen seitens der Beschäftigten. In der Übergangsphase ist zwar auch ein Projektmitarbeiter ständig vor Ort und begleitet die Einführung engmaschig in Zusammenarbeit mit den Teamleitungen. Die Teamleitungen informieren und ermutigen die Beschäftigten im Wareneingang von der Bedienung bis zur finalen Inbetriebnahme. Die Resonanz auf die neuen Anwendungen entwickelt sich dennoch nicht so wie geplant. Trotz Ermutigungen lehnen die Beschäftigten im Wareneingang die neue Anwendung größtenteils ab, denn aus Sicht dieser Beschäftigten erfüllt sich die Erwartung nicht, dass sich direkt neue Handlungsräume für sie eröffnen und sie bemerken, dass sie manuell schneller arbeiten als mit der neuen Anwendung. Sie nehmen den neuen Prozess als umständlicher wahr als die Arbeitsweise zuvor. Bis zum Ende der Studie sind die Anwendungen vollständig in die Logistikprozesse am Wareneingang integriert und mit dem gesamten Steuerungssystem der Logistik vernetzt, aber die Akzeptanzprobleme bauen sich nur zögerlich ab. Die Führungskräfte, die Teamleitungen und das Projektteam greifen die Akzeptanzprobleme in Diskussionen auf und überlegen sich neue Ansatzpunkte für die Einbindung der Beschäftigten. Am Ende der Studie reflektieren die Befragten über die Herausforderung im Umsetzungsprozess und stellen insbesondere die technische Schnittstellenanpassung der neuen Anwendung in das bestehende SAP-System als Problem heraus und weniger die Akzeptanzprobleme der Beschäftigten. Inzwischen nehmen einige der Befragten die neuen Anwendungen auch als Unterstützung wahr, weil es ihnen eine gewisse Sicherheit im Bearbeitungsprozess gibt und sich Laufwege verkürzen. Am Ende der Studie ist die Anwendung der Geräte nicht mehr fakultativ. Es entstehen Probleme, wenn eine Schicht nicht mit E-Kanban gearbeitet hat; dann wird der Prozess unterbrochen.

(b) Pilotprojekt: Automatisierte Erfassung von Gewicht und Volumen durch Robotik im Versand

Im *Versand* wurden in Pilotprojekten in ähnlicher Weise zwei Anwendungen getestet und verstetigt. Eine Anwendung ist eine automatisierte Volumenerfassung und bei der anderen Anwendung handelt es sich um Roboter zur automatisierten Verpackung. Die erste Anwendung dient der automatisierten Gewichts- und Volumenerfassung mit mobilen Devices und Sensorik/Ultraschall/Röntgen (Digital Weight and Dimension System DWS). Die Beschäftigten stellen manuell die Pakete auf einen Tisch und das installierte Messsystem erfasst automatisch Gewicht und Abmaße der Verpackungen und ordnet diese dem vorgegebenen Prozess in der Produktion zu. Im Pilotversuch wurde die Sensorik an weiteren Stellen installiert, wie etwa an Gabelstaplern, die Anwendung ist dann mit einem weiteren Logistik-System verknüpft. Die Informationen zu Volumen und Abmessungen übermittelt das System direkt an SAP, ohne eine manuelle Eingabe. Die Messdaten sind abgespeichert und für die Beschäftigten verfügbar.

Zuvor haben die Beschäftigten im Versand mit Waage und Maßband die Paletten händisch vermessen und alle Informationen zu Gewicht und Maßen manuell am PC eingetragen. Sie brauchten bis zu drei Arbeitsschritte für den Vorgang. Die Verpackung und die Vorbereitung zur automatisierten Messung werden weiterhin noch manuell von Beschäftigten ausgeführt. Per Knopfdruck aktivieren die Beschäftigten die automatisierte Vermessung. Das rationalisiert einige Arbeitsschritte in der Logistik, die vorher manuell ausgeführt wurden. Aus Sicht der Beschäftigten ist das eine körperliche Arbeitserleichterung und nicht mehr so umständlich wie zuvor, was die Akzeptanz steigert. Aus Sicht der Führungskräfte entstehen unmittelbare Auswirkungen auf die Aufgaben der Beschäftigten in der Logistik. Sie sehen eine Verschiebung von der manuellen hin zur automatisierten Tätigkeit.

In einem anderen Pilotprojekt im Versand wurde mit mobilen Roboteranwendungen experimentiert, die mit Hilfe von Dreharmen beladene Paletten mit einer Spezialfolie ladungssicher machen. Die Beschäftigten starten die neue Anwendung per Knopfdruck und dann wickelt der Roboterarm automatisch die Folie um die Palette. Der Roboterarm bewegt sich dabei eigenständig zu der Palette und zu dem Arbeitsplatz, wo gerade eine Palette eingewickelt werden soll. Zuvor haben die Beschäftigten manuell die Paletten befördert und ladungssicher gemacht. Das war körperlich anstrengend, vor allem für die Rücken der Beschäftigten. „Wenn man da die ganze Zeit rumläuft, dann kriegt man schon einen Drehwurm“, berichtet ein Beschäftigter aus dem Versand (F1 exploratives Beobachtung 2018). Stück für Stück sensibilisiert das Projektteam im Verlauf der Studie die Beschäftigten, die dabei verschiedene Abfolgen für besondere Verpackungsprozesse erlernen.

Weil die Beschäftigten schon bei der ersten Testung begeistert von der körperlichen Entlastung waren, wurden zügig zwei Anbieter vergleichend getestet und es wurde in die Einführung investiert. Die Einführung der Anwendung lief dann iterativ ab, weil die Programmierung von einem externen Anbieter übernommen und sukzessive in Abstimmung mit Herstellern der gelieferten Teile an Verpackungseinheiten angepasst wurde. Nach erfolgreicher Evaluation wurden diese Unterstützungssysteme eingeführt. Die Akzeptanz seitens der Beschäftigten blieb hoch, weil die erwartete Erleichterung eintrat und anstrengende manuelle Arbeitsschritte wie das Abzählen und Abwiegen nun wegfallen. Auch der Mehraufwand bei der Einführung hielt sich in Grenzen und aus Sicht der Führungskräfte waren Investitionen in diese Technik erforderlich, um eine Erhöhung der Produktivität, Effektivität und Qualität im Versand zu erzielen.

Ähnliche Pilotprojekte wurden für die Bestandskontrollen und Inventuren im Lager initiiert. Digitale Zählmaschinen sollen aufwändige Inventurprozesse vereinfachen. Mithilfe röntgenbasierter Technik werden Zählungen in Sekunden automatisiert durchgeführt. Die Beschäftigten stellen diese Maschinen nur noch ein und der digitale Bauteilezähler übernimmt dann die Inventur; er ist mit SAP verknüpft. In der Testphase gab es aufgrund der gesetzlichen Auflagen wegen der Röntgenstrahlen erhebliche Verzögerungen, die mittlerweile abgearbeitet sind. Externe Sachverständige kamen extra ins Werk, um die Funktionsweise abzunehmen und die Sicherheitsbestimmungen zu prüfen. Erst dann durfte die Anwendung für Probeläufe genutzt werden. Aus Sicht der Befragten vereinfacht die Anwendung die gesamte Inventur und findet daher sofort Akzeptanz.

(c) Nicht verstetigte Pilotprojekte

Wie in der Instandhaltung wurde in einem Pilotprojekt die Einbindung von virtuellen Assistenzsystemen mit Wearables (Smart Gloves) im Wareneingang und im Versand getestet. Die Anwendung dient der Datenerfassung und ist mit technischen Systemen wie ERP und MRP verknüpft und an gängige Software-Anwendungen wie SAP angebunden. Einige Freiwillige haben im Pilotprojekt die Wearable-Anwendung ausprobiert, aber nicht durchgängig benutzt. Der Nutzen wurde nicht ausreichend erkannt und teilweise haben die Handschuhe die Arbeitsprozesse eher behindert, weil sie „gescheuert haben“. Dieses Projekt hat sich bspw. nicht verstetigt, ebenso wie das Pilotprojekt für den Transport größerer oder schwerer Materialmengen in der internen Materialverteilung. Bisher nutzen Logistikbeschäftigte Transportgeräte wie Gabelstapler oder kleine Zugwagen, haben aber den Bedarf nach neuen Lösungen geäußert. Im Zuge dessen hatten die Führungskräfte ihre Zustimmung für die Testungen mit kleinen Robotern erteilt, aber im Testbetrieb stellte sich zügig heraus, dass der Stand der Technik nicht ausreicht, um bspw. bei kleinen Unebenheiten im Boden voll funktionsfähig zu sein. Aus Sicht der Beschäftigten ist es unverständlich, dass es keine Entlastungen von der manuellen Arbeit in der internen Materialversorgung geben soll. Einige Beschäftigte recherchieren und fanden heraus, dass es automatisierte Lösungen für das Lager gibt und selbst „Postboten ein automatisches Gerät haben, das einfach hinter ihnen herfährt, ohne körperliche Belastungen“. Sie schlugen vor, solche Lösungen auszuprobieren, aber das Projekt ist dann „eingeschlafen“. Eingeführt wurde ein elektrischer Hubwagen, der über Rampen fahren kann und bei Bodenunebenheiten weiterfährt, so dass die Beschäftigten keine schweren Lasten mehr hochziehen müssen. Das stellt eine Verbesserung aus Sicht von Beschäftigten dar, hat aber wenig mit Digitalisierung zu tun.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die eingeführten Einzelanwendungen einer weiteren Automatisierung von Logistikprozessen dienen. Besonders zu Beginn der Studie gab es ähnlich wie in der Instandhaltung auch in der Logistik verschiedene Pilotprojekte mit Assistenzsystemen, die der Datenerfassung dienen. Neue technische Assistenzsysteme wie stationäre, mobile und virtuelle AS wurden getestet und einige wurden eingeführt mit denen insbesondere formal gering qualifizierte Beschäftigte mit zuvor ausschließlich manuellen Tätigkeiten arbeiten. Nachdem in vorher abgegrenzten Testbereichen die Technologien erprobt sind und alle Funktionen störungsfrei laufen, folgt in der Regel eine Ausweitung auf weitere Bereiche. Allerdings lassen sich nicht alle Anwendungen Industrie 4.0-Ansätzen zuordnen. Das Röntgengerät für die Bestandskontrollen und Inventuren im Lager zählt zum Beispiel zu diesen Anwendungen. Erkennbar ist aber vor allem, dass die erprobten und eingeführten Technologien alle der automatisierten Datenerfassung dienen und in übergeordnete Datenstrategien des Werkes eingebettet sind. Alle Bereiche der Logistik – also Wareneingang, interne Materialversorgung und Versand – sind mit Bereichen der Fertigung und mit Zulieferern sukzessive vernetzt worden. Die erweiterte Datenverfügbarkeit hat aus Sicht der Führungskräfte das Ziel, Zulieferprozesse und interne Verteilungsprozesse zu verbessern. Die dezentralisierte Datenverfügbarkeit soll demnach die Geschwindigkeit und Genauigkeit aller Logistikprozesse erhöhen, die zuvor von Führungskräften als fehlerbehaftet eingestuft wurden und zunächst erwarten sie keine unmittelbaren Auswirkungen auf die

Aufgaben der Beschäftigten. Bisher liegt der Fokus vielmehr auf einer Prozessvereinfachung und einer Vernetzung mit anderen Systemen zur Erhöhung der Transparenz.

Erkennbar ist in der Logistik, dass die Automatisierung und die Vernetzung weiter zunehmen. Mit der Verstetigung vieler neuer Anwendungen zeigt sich, dass dies eine Verengung von Handlungsspielräumen begünstigt. Aus Sicht der Betriebsräte sind die eingeführten Anwendungen in der Logistik wenig problematisch und erfordern daher kaum Regulierungen, sondern sie unterstützen vielmehr partizipative Ansätze während der Einführung und leiten daraus höhere Akzeptanzwerte ab. Dies bestätigen die Beschäftigten zwar und unterstreichen, dass sie die Unterstützung durch die Team- und Projektleitungen als sehr hilfreich empfinden, aber dennoch entstehen Widerstände und überwiegend sehen die Beschäftigten keinen sinnvollen Zusammenhang zu ihrer Aufgabe. Gleichzeitig sehen sie viele der Entwicklungen kritisch, weil sie noch weniger über Abfolgen im Arbeitsprozess selbstständig entscheiden oder eigenständig die Reihenfolgen priorisieren können. Sie betonen, dass es sich in der Vergangenheit oft als günstig erwiesen hat, wenn sie aus Erfahrung noch zusätzliches Material mitnahmen. Einige äußern Widerwillen gegen die neuen Entwicklungen, denn die könnten ebendieses Erfahrungswissen gefährden und erzeugen das Gefühl „weniger gebraucht zu sein“. Einige Logistikbeschäftigte weisen auf Ambivalenzen hin, weil sie nun zwar einen Echtzeitüberblick über das Material haben, aber gleichzeitig den Eindruck bekommen, dass in der Kommissionierung einige ihrer Arbeitsschritte wegfallen. Im Gegensatz dazu stellen andere Beschäftigte die Zeitersparnis und den Wegfall der vielen Laufwege in den Vordergrund und wünschen sich sogar noch mehr automatisierte Lösungen, um die täglichen Anforderungen abzuschwächen. Sie vergleichen sich mit der direkten Produktion und stellen fest, dass „noch viel Luft nach oben ist“. Sie fragen sich, warum die Logistik noch so viele manuelle Arbeit hat und nicht wie in der automatisierten Fertigung eine Art Transferband läuft, so dass sie noch stärker entlastet werden. Einige Beschäftigte recherchieren deshalb in ihrer Freizeit und schlagen ein Ausprobieren weiterer automatisierter Lösungen vor (F3 Gruppendiskussion 2018, Logistik 2).

4.2.5 Fazit: Abteilungsspezifische und abteilungsübergreifende Ansätze

Zur anfangs aufgeworfenen Frage, welche neue Technologien eingeführt werden, lassen sich für den vertieft untersuchten Fallbetrieb A in allen untersuchten Funktionsbereichen Veränderungen im Kontext von Industrie 4.0 festhalten. In den Portraits des Fallbetriebes A ist deutlich erkennbar, dass in der direkten Produktion und in den produktionsnahen Dienstleistungen verschiedenartige Technologien eingeführt wurden, die sich in *abteilungsspezifische und abteilungsübergreifende Technologien* einteilen und wie folgt zusammenfassen lassen:

(a) *Abteilungsspezifische Ansätze*

Im vertieft untersuchten Betrieb ist eine Weiterentwicklung bestehender Automatisierungsansätze in jeder untersuchten Abteilung erkennbar. Die Ansätze basieren vermehrt auf einer algorithmischen Produktionssteuerung. In der direkten Produktion wie der Bestückung und der Montage, aber auch in produktionsnahen Dienstleistungsbereichen wie der Instandhaltung und der Logistik gab es zwar zu

Beginn der Studie noch viele Bereiche mit manueller Arbeit oder teilautomatisierten Prozessen, aber mit dem Fortschreiten der Industrie 4.0-Ansätze war eine zunehmende Ausbreitung dieser regelbasierten Steuerungsmechanismen in den einzelnen Abteilungen unverkennbar.

Mit Blick auf die Arbeit in der direkten Produktion haben zum Beispiel die SMT-Linien in der Bestückung und die Roboteranlagen in der Montage zu einer erkennbaren Erhöhung des Automatisierungsgrades geführt. Die Zunahme der automatisierten Vorgänge führt zu einem Rückgang manueller Arbeitsschritte in der Bestückung und der Montage. Die erhöhte Datenverfügbarkeit in der direkten Produktion führt darüber hinaus stärker als zuvor zur datengetriebenen Produktionsplanung, die weniger Umrüstungen nach sich zieht; dadurch kommen manuelle Arbeitsschritte bei Umrüstungen seltener vor. Daraus resultiert, dass mehr manuelle Handgriffe von Angelernten an automatisierten und datengesteuerten Linien wegfallen.

Weiterhin ist im vertieft untersuchten Betrieb eine Weiterentwicklung von Assistenzsystemen erkennbar. Die befragten Experten sprechen von stationären, mobilen und virtuellen Assistenzen. Trotz vieler Gemeinsamkeiten variiert der Einsatz digitaler Assistenzsysteme im Detail in den Abteilungen und auch in den ergänzend untersuchten Betrieben. So weisen die stationär implementierten Assistenzsysteme in der manuellen Montage die Arbeitsschritte der Angelernten restriktiv an. Andere Assistenzsysteme sind mit Sensorik ausgestattet; die Informationen zu Produktionsmengen oder Auftragslagen sind auf mobilen Endgeräten abrufbar. Außerdem wurden in Pilotprojekten virtuelle Assistenzsysteme in Kombination mit VR-Brillen (Smart Glasses) für Fachkräfte erprobt.

Die Assistenzsysteme knüpfen überwiegend an bestehende Konzepte zur Mensch-Maschine-Interaktion an. Trotz der abteilungsspezifischen Anwendungsvarianten zeichnen sich beim Einsatz von Assistenzen typische Tendenzen ab. Es findet eine Verschiebung zu mehr mobilen Anwendungen bei Fachkräften statt, während die bekannten stationären Assistenzsystemen vorwiegend bei Angelernten zum Einsatz kommen. Virtuelle Assistenzen, die zwar in Pilotprojekten umfangreich erprobt wurden, verstetigten sich in keinem der untersuchten Betriebe. Dies lag vornehmlich an technischen Hindernissen und ungeklärten Kosten-Nutzen-Erwartungen.

Neu ist, dass alle abteilungsspezifischen Technologien in der direkten Produktion mit einer neuen Art der Sensorik ausgestattet sind, die der Datensammlung dienen und damit die Basis für eine algorithmische Produktionssteuerung bilden. Innerhalb der einzelnen Abteilungen sind die Stufen in der Produktionskette zunehmend datenbasiert gesteuert.

(b) *Abteilungsübergreifende Ansätze*

Über die abteilungsspezifischen Anwendungen hinaus sind abteilungsübergreifende Ansätze feststellbar, die sich in technischer Hinsicht als eine informationstechnische Vernetzung verschiedener betrieblicher Einzelabläufe beschreiben lassen. Die übergreifenden Ansätze knüpfen wie die abteilungsspezifischen Ansätze überwiegend an bestehende Konzepte zur Vernetzung an. Bestehende Steuerungssysteme in der

direkten Produktion dehnen sich zunehmend in angrenzende Bereiche aus. Auf diese Weise stehen bspw. der Produktionsplanung vermehrt Daten zur Maschinenauslastung in Echtzeit zur Verfügung, die wiederum in feinabgestimmte Berechnungen zu Umrüstungs- und Wartungsintervallen in der Produktion einfließen. Das betrifft die Echtzeit-Daten zum Materialbedarf oder Informationen über den Stand der eingehenden Aufträge sowie deren Bearbeitungsstand an den automatisierten Bestückungslinien und die automatisierten Montageroboter. Die technische Vernetzung der Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion führt dazu, dass vermehrt die angrenzenden Prozesse ineinandergreifen, wenn bspw. neue abteilungsspezifische Anwendungen automatisiert Aufträge in der produktionsnahen Dienstleistung auslösen oder die Störanfälligkeit der Maschinen und Anlagen die Arbeit in der Instandhaltung berechnen. In technischer Hinsicht stellt sich die Vernetzung neuer und bestehender Anwendungen für die befragten Praktiker*innen als eines der größten Hindernisse im Umsetzungsprozess Industrie 4.0 heraus.

Die abteilungsübergreifenden Technologien beinhalten eine neue Form der Steuerung von Produktionsprozessen. Sie zeichnen sich durch eine informationstechnische Vernetzung möglichst vieler abteilungsspezifischer Anwendungen aus. Die Vernetzung bestehender Prozesse in der Produktion mit den Prozessen der produktionsnahen Dienstleistung ist über eine Cloud organisiert, die eine dezentrale Steuerung der Produktion über die Abteilungsgrenzen hinweg zulässt. Auf diese Weise stehen der Produktionsplanung Daten zur Maschinenauslastung, zum Stand der eingehenden Aufträge und deren Bearbeitungsstand an den automatisierten Bestückungslinien sowie an den automatisierten Montagerobotern zur Verfügung.

Festzuhalten bleibt für den vertieft untersuchten Fallbetrieb A, dass mit der Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 eine signifikante Erhöhung des Automatisierungsgrades und eine signifikante Erhöhung des Vernetzungsgrades im Rahmen von Datenstrategien in der direkten Produktion und in den produktionsnahen Dienstleistungen feststellbar ist. Von einer durchgängigen Automatisierung und Vernetzung kann aber noch nicht gesprochen werden. Vielmehr handelt es sich um eine deutliche Weiterentwicklung bestehender Technologien mit umfangreichen Anpassungen in der Arbeitsorganisation und eine verstärkt abteilungsübergreifende Zusammenarbeit der Beschäftigten. Die Technologien, die keine Weiterentwicklungen sind, bleiben im Modus der Pilotversuche und verstetigen sich innerhalb des Untersuchungszeitraumes nicht.

4.3 Fallvergleich zur Technologieeinführung und zu neuen Anforderungen

Bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen in der Metall- und Elektroindustrie war zu Beginn der vorliegenden Studie abseits von technikzentrierten Zukunftserwartungen in der betrieblichen Praxis aller untersuchten Betriebe nur vage erkennbar, wie sich die Anforderungen in der Industriearbeit verändern. Aus diesem Grund war es das Ziel, in einem Betrieb der Metall- und Elektroindustrie die Umsetzung von Industrie 4.0 nicht nur tiefergehend zu untersuchen, sondern ergänzende Studien in drei weiteren Betrieben der Metall- und Elektroindustrie durchzuführen. Hierbei standen in allen vier untersuchten Betrieben (A-D) die folgenden Fragen im Mittelpunkt der Untersuchung:

- Welche Technologien werden im Kontext von Industrie 4.0 eingeführt?
- Wie erfolgt die Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0?
- Welche neuen Qualifikationsanforderungen ergeben sich aus der Einführung neuer Technologien für verschiedene Industriebeschäftigte?

In ausgewählten Industriebetrieben der Metall- und Elektroindustrie wurden im Untersuchungszeitraum ergänzend explorative Werksbeobachtungen, Interviews mit Werksleitungen und Interessensvertretungen sowie mit Expert*innen durchgeführt, um Erkenntnisse aus Betrieb A vergleichen zu können. Den Ausgangspunkt für den Fallvergleich bilden daher die Erkenntnisse aus den vertieft untersuchten Funktionsbereichen des Fallbetriebes (A), die in den Portraits bereits detailliert beschrieben wurden. In der vergleichenden Analyse wurden zu den jeweiligen Fragen zentrale Gemeinsamkeiten in den Fallbetrieben herausgearbeitet, um die Erkenntnisse zur Einführung neuer Technologien anzureichern bzw. zu kontrastieren. Die vergleichende Analyse zur Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen strukturiert sich nach den eingangs gestellten Fragen.

4.3.1 Einführung neuer Technologien und technische Dimensionen

Zur anfangs aufgeworfenen Frage, welche neue Technologien eingeführt werden, lässt sich für den vertieft untersuchten Betrieb A und die ergänzend untersuchten Fallbetriebe (B-D) festhalten, dass es sich im Wesentlichen um (a) *abteilungsübergreifende Technologien* und (b) *abteilungsspezifische Technologien* handelt. In allen Betrieben ist eine signifikante Erhöhung des Automatisierungsgrades und eine signifikante Erhöhung des Vernetzungsgrades im Rahmen von Datenstrategien in der direkten Produktion und in den produktionsnahen Dienstleistungen feststellbar. Eine durchgängige Automatisierung und Vernetzung konnten aber weder im vertieft untersuchten Betrieb noch in einem der ergänzend untersuchten Betriebe festgestellt werden.

Im Vergleich der Betriebe zeigten sich unterschiedliche Reifegrade der Technologien und abweichende Zeitfenster zur Implementierung innerhalb des Betriebes und zwischen den Betrieben. Wie im Betrieb A handelt es sich in den ergänzend untersuchten Betrieben (B-D) um Weiterentwicklungen bestehender Technologien mit umfangreichen Anpassungen in der Arbeitsorganisation und einer verstärkten abteilungsübergreifenden Zusammenarbeit der Beschäftigten.

Überraschend ist, dass die Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 auch von Beschäftigten und von Betriebsrät*innen getrieben wird. Das könnte auf Erwartungen der Beschäftigten zurückgeführt werden, die Entlastungen bei Stress oder körperliche Erleichterungen erwarten sowie verkürzte Wege.

4.3.1.1 *Abteilungsübergreifende Technologien als Ansatz zur Automatisierung und Vernetzung der Produktion*

Die *übergreifenden Technologien* lassen sich in allen vier Betrieben zusammenfassend als weiterentwickelte Ansätze zur vernetzten Automatisierung beschreiben. Analytisch unterschieden wurden die technischen Ansätze zur Vernetzung von Produktionsprozessen (*automate*) und die technischen Ansätze zur Vernetzung von sozialen Austauschprozessen (*informaté*) (Zuboff 1988). Die Befunde zeigen, dass diese beiden Kategorien in den Betrieben zunehmend ineinandergreifen.

Eine erkennbare Form *abteilungsübergreifender Technologien* sind regelbasierte Steuerungssysteme. In allen untersuchten Betrieben ist eine Motivation erkennbar, im Rahmen betrieblicher Datenstrategien bestehende Steuerungsansätze in einzelnen Bereichen der Produktion zu einem vernetzten algorithmischen System zusammenzufassen und über die Betriebsgrenzen hinaus auszudehnen. Erste Ansätze vermehrt regelbasierter Steuerungsmechanismen konnten in allen vier untersuchten Betrieben im Untersuchungszeitraum rekonstruiert werden. Zum Beispiel ist in der direkten Produktion eine verstärkte Vernetzung bereits deutlicher ausgeprägt als in den angrenzenden Prozessen der produktionsnahen Dienstleistungen. Wie im Betrieb A wurden auch in den ergänzend untersuchten Betrieben automatisierte Bestückungs- oder Montageanlagen in der direkten Produktion zu ganzen Bestückungs- oder Montagesystemen zusammengefasst. Außerdem sind die Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion mit neuen Sensorik- und Steuerungssystemen ausgestattet, die mit installierten Systemen indirekter Produktionsbereiche wie der Logistik und Instandhaltung technisch verknüpft sind und automatisierte Bestellungen der Materialien selbstständig auslösen oder Materialbedarf in der Logistik und beim Ersatzteilbedarf in der Instandhaltung melden. In den untersuchten Werken kommunizieren einige Anwendungen anders als zuvor miteinander und lösen automatisiert eingehende Aufträge in den jeweiligen Funktionsbereichen aus und daran anschließend weitere Teilaufträge in zeitlich getakteten Abfolgen, mit weniger menschlichen Eingriffen als zuvor. Die vernetzten Prozesse führen zu einem neuen Muster der Automatisierung und die befragten Expert*innen weisen darauf hin, dass die vernetzte Automatisierung eine *neue Komplexität* erzeugt, mit *neuen Reichweiten* und mit *neuer Geschwindigkeit* (F3 Experte Strategie Digitalisierung #00:31:36-3#).

„Ein Beispiel, die Durchverkettung der Fertigung, der Baugruppen *on demand*. Also es ist nicht mehr so, dass wir heute wochenscheibenmäßig planen und dann für eine ganze Woche fertigen, sondern unser Anspruch ist, dass wir wirklich in 48 Stunden so eine Baugruppe verfügbar haben. Das Thema Verkettung der ganzen Montagelinien. Das wird die Automatisierung weiter voran treiben für Produktlinien in den nächsten drei Jahren. Jetzt ein bisschen weiter gefasst. (F3 Experte Strategie Digitalisierung #00:41:37-5#)

Stärker als zuvor haben alle untersuchten Betriebe erste Versuche einer übergreifenden Schnittstellenvernetzung unternommen. Einige Versuche gab es auch mit Zulieferbetrieben oder Transportunternehmen. Diese Entwicklungen befinden sich aber noch in einem frühen Stadium.

In keinem der vier Betriebe konnte im Rahmen der vorliegenden Studie eine vollständige Vernetzung innerhalb der Werke oder über Betriebsgrenzen hinaus rekonstruiert werden. Mehr als zuvor greifen aber die Anwendungen der Teilbereiche automatisiert ineinander. Für Beschäftigte sind diese Entwicklungen kaum sichtbar und werden im Arbeitsprozess oft nicht unmittelbar bemerkt. Selbst in teilnehmenden Beobachtungen konnten diese Tendenzen kaum erfasst werden. In methodischer Hinsicht waren daher rekonstruktive Analysen über Interviews zur erhöhten Datenverfügbarkeit und algorithmischen Prozesssteuerung erforderlich.

Eine weitere erkennbare Form *abteilungsübergreifender Technologien* sind betriebliche Anwendungen, die im Rahmen der vernetzten Automatisierung zum Einsatz kommen. In den untersuchten Betrieben kommt es zu neuen Formen des Datenmanagements. Bei dem Großteil der gesammelten Daten handelt es sich um Maschinendaten oder um Geschäftsdaten, die als Informationen zur Berechnung der Fertigungsauslastung und Maschinenverfügbarkeit genutzt werden. Die zusammengeführten Datensammlungen aus den Maschinendaten und den Prozessdaten bilden einen Datenpool und sind die Grundlage für regelbasierte Steuerungsmechanismen spezifischer Teilprozesse in der Produktion, die sich auf digitalen Endgeräten abbilden lassen. Es setzen sich weiterhin cloudbasierte Datenbanken durch, um die Daten verfügbar zu halten. Da es sich um Massendaten handelt, sind neue Serverinfrastrukturen erforderlich.

„Früher hat einer was eingegeben beim Fertigungsauftrag, da hat dann einer alles nachgeguckt. Das geht heute alles digital. Die ganzen Daten werden gesammelt und alle kommen da an. Das Thema *Datenpool* und die Fähigkeit der Maschinen, direkt die Daten aus dem Pool zu nehmen, ohne dass du sie hinbringen musst. Ohne dass ein Mensch eingreifen muss. Früher war das so, da hast du die Programme geladen und einzeln gestartet. Irgendwann warst du dann an dem Punkt, dass du dann nur den Speicher der Maschinen gehabt und ein Menü, wo die Programme liegen. Und diese Datenhaltung ist rausgegangen durch die Konnektivität der Maschinen. Die Verbindung mit *Internet of Things*, heißt ein *zentraler Datenpool* und alle greifen darauf zu. Und du musst das nicht mehr für die Maschinen adaptiert bereitstellen.“ (F5 Betriebsrat A #00:10:26-1#)

„Wir wollen alle Daten in einer *cloudbasierten Datenbank* verfügbar haben, ohne da jetzt eine eigene Serverinfrastruktur zu erschaffen. Da würden wir nie weiterkommen, da ist man immer mit der Infrastruktur beschäftigt, wir wollen uns aber mit den Daten beschäftigen, mit den Erkenntnissen draus und nicht mit dem originären Datensammeln, das muss irgendwann einmal erledigt sein. Wenn ich die Daten verfügbar habe, muss ich einmalig dafür Sorge tragen, dass sie verfügbar sind. Aber einen größeren Fokus haben wir mit meinen treuen Experten dann darauf, Erkenntnisse aus den Daten zu gewinnen. Und das ist ein Stückweit das, was man natürlich auch unter dem Thema Digitalisierung versteht. Und das ist eine massive Veränderung gegenüber einer Vorgehensweise wie es Jahre davor war. Und die Organisation selbst, wie soll ich mich ausdrücken, die ist ja jetzt konditioniert oder sozialisiert über die Jahrzehnte mit dem alten Vorgehen.“ (F3 Experte Strategie Digitalisierung, #00:05:21-1#)

Die befragten Expert*innen betonen, dass die Beschäftigung mit der Infrastruktur nur vorübergehende Phänomene sind und das Augenmerk in der Beschäftigung mit originären Daten liegt. Wichtig ist ihnen, aus einzelnen Datenhaufen neue Informationen zu gewinnen und nicht mehrfache Einzelauswertungen zu bekommen, die nicht miteinander kompatibel sind. Das Zusammentragen von Daten wird von Expert*innen als ein erheblicher Mehraufwand beschrieben, so dass viele Bemühungen im Kontext von Industrie 4.0 in Richtung Datenverfügbarkeit und automatisierte Zusammenführung für Analysen

gehen. Die erfahrenen Experten unterstreichen in den Interviews, dass sich im Zuge der Digitalisierung viele Prozesse in der Produktion beschleunigen, weil einfach die Datenauswertung schneller und präziser ist. In Echtzeit können Entscheider in der Fertigungsplanung diese Daten abrufen, um Produktionsprozesse nachzusteuern.

„Alles, was ich datentechnisch erfassen kann, wollen wir verfügbar haben, so dass ich auch dort in Echtzeit meine Analysen fahren kann. Also werde ich systematisch mit den Daten arbeiten, um dann wieder auch entsprechendes Verbesserungspotential rauszuziehen. Und das in einer sehr engen *Loop*, also in Echtzeit, das kann jetzt auch tagesaktuell sein. Also das muss nicht Millisekunden aktuell sein. Aber im Gegensatz zu dem, wie man bislang Analysen durchgeführt hat und letzten Endes auf Basis der Analyseergebnisse überlegt hat, welche Verbesserungsmaßnahmen kann ich einführen, war es oftmals ein manueller Prozess, der geht dann über Tage und Wochen. Dann schaue ich in den Rückspiegel und analysiere einen Zeitraum in der Vergangenheit, da setzen sich bestimmte Leute zusammen, also Know-how Träger zu einem bestimmten Themengebiet, und dann komme ich zu einer Schlussfolgerung. Und dann versuche ich natürlich, auf Basis der Schlussfolgerung zu überlegen, was verändere ich. Ja, aber das dauert so viel zu lange. Da vergingen oft Wochen.“ (F3 Experte Strategie Digitalisierung #00:02:13-6#)

„Das Vernetzen war lange Zeit nicht notwendig, weil sie für die Produktion nicht so gravierend war. Wenn da was nicht funktioniert hat, wurde im SAP-Programm ein Problem gemeldet und sie wussten, okay, es kann nur da sein oder da. Das ist etwas komplexer. Ich habe Datenausleitungen auf irgendeine Plattform, die kommuniziert wieder mit einer Liste. Die Liste gibt ein Feedback woandershin. Und dann ist es schon gravierender. Und dann steht zum Beispiel eine Linie still. Das Problem ist natürlich größer, wenn die Produktion ausfällt.“ (F6 Experte Digitalisierung #00:51:04#)

Bei der Auswertung der Daten kommen automatisierte Anwendungen wie *Industrial Analytics* zum Einsatz. Aus den gesammelten Produktionsdaten werden über die Programme Muster ausgelesen, die bspw. zu bestimmten Zeitpunkten einen Anstieg oder einen Rückgang bestimmter Parameter abbilden. Zum Beispiel können Datenauswertungen Hinweise zu möglichen Störungen geben oder Vorhersagen generieren, ob eine Maschine bald ausfallen könnte. Die Entwicklung komplexer Datenarchitekturen gab es zuvor in dieser Form in den Betrieben nicht. Die Vernetzung ermöglicht den Führungskräften einen Zugriff auf große Mengen an technisch generierten Prozessdaten aus der Produktion, die auf mobilen Assistenzsystemen abgebildet werden. Alle befragten Expert*innen sind sich einig, dass diese Art der vernetzten Automatisierung nicht zu menschenleeren Fabriken führen wird.

Erfahrene Expert*innen, die sich vorwiegend mit technischen Fragestellungen der Digitalisierung befassen, bemerken weiterhin eine Verschiebung von einer Digitalisierung der Produkte hin zur Digitalisierung der Prozesse. Aus dieser Perspektive verlaufen *betriebliche Digitalisierungsstrategien* in mehreren Wellen und mit mehreren Facetten, die sich an die vorherigen anlehnen, aber sich stetig verändern.

„Als ich angefangen habe, die Kisten waren vorher analog und elektromechanisch und dann waren die damals Mikroprozessor-basiert, also auch Digitalisierung war damals beim Berufseinstieg [vor 30 Jahren] auch das Stichwort, aber auf der Produktseite. Wir haben es jetzt auf der Manufacturing-Seite.“ (F3 Experte Strategie Digitalisierung #00:55:03-6#)

„Heute können wir zwar Engpässe schneller erfassen und sind schneller in der Datenverarbeitung. Störanfälligkeiten, Netzschwankungen, Datenverlust etc. haben gravierende Auswirkungen, die jetzt nicht anfassen kann. (...) Wahrscheinlich kann man es auch nicht auf jeden Anwendungsfall ausbreiten. Es gibt Fertigungen, so wie es Fließfertigung auch nicht für alle Produkte gibt. Deswegen gehen Automobiler zum Beispiel schon von einer Komplettverketzung weg und machen Inselfertigung, wo sie parallel SMD fahren lassen, die sie umrouten können, falls Störungen da sind.“ (F6 Experte Digitalisierung 00:05:36)

Aus Sicht der befragten Betriebsratsmitglieder waren die Datenstrategien des Managements schon lange vor Industrie 4.0 ein Thema. Auch vorher gab es eingebaute Sensoren, die viele Daten liefern konnten, aber diese wurden nicht ausgewertet. Es waren *tote Daten*, die nun interessant sind, und die neuen Ansätze beziehen sich demzufolge auf die Frage der Datennutzung zum Beispiel für die vorausschauende Instandhaltung.

Aus Sicht der befragten Werksleiter liegt der höchste betriebswirtschaftliche Mehrwert in einer technischen Synchronisation der Produktionsprozesse; dies geschieht über eine kennzahlenbasierte Planung und Steuerung der Einzelprozesse, die im Kontext von Industrie 4.0 immer stärker miteinander vernetzt sind. Hierin stimmen sie mit den Ansichten der befragten Expert*innen überein. Führungskräfte der untersuchten Industriebetriebe betonen, dass der Einsatz aller digitalisierten Produktionstechnologien eine Folge strategisch motivierter Ansätze zur Vernetzung ist, die wiederum parallel zur Einführung digitaler Einzelanwendungen stattfindet und oft von außen nicht gleich erkennbar ist. Aus Sicht der befragten Werksleiter sind die digitalen Einzellösungen in den Arbeitsbereichen jeweils an IT-Infrastrukturen angebunden, die teilweise auf einer unternehmensübergreifenden Ebene miteinander vernetzt sind und die zuvor lokal und statisch organisiert waren. Eine kurzfristige Auswertung in Echtzeit wird im Betriebsalltag der untersuchten Betriebe allerdings nicht praktiziert. Vielmehr werden die Echtzeitdaten in wöchentlichen oder auch monatlichen *Loops* ausgewertet, weil niemand die Zeit für tägliche Auswertungen hat und die Nachsteuerungen in Produktionsprozessen bisher selten ad-hoc vorgenommen werden.

„Wir haben in neue Vernetzung bei den Maschinen investiert. Wir hatten schon länger eine Maschinendatenerfassung. Aber erstens haben wir jetzt viel mehr und bessere Daten – die mussten wir aber sinnvoll erheben und aufnehmen. Wir hatten viele Sensoren gar nicht ausgenutzt. Wir haben dann eine eigene Datenbox entwickelt, die wir in die Maschinen einbauen und die diese Daten erhebt, bündelt und sendet. Und wir mussten natürlich lernen, was man mit diesen Daten machen kann.“ (Betrieb B Expertendiskussion, Pos. 8-13)

Zuvor wurden maschinenbezogene Daten einzeln ausgewertet und üblicherweise in Softwareanwendungen wie etwa SAP zentral hinterlegt. Jetzt gibt es große *monolithische* Softwaresysteme, die wiederum ihre eigene Datenablage erfordern, mit einer jeweils anderen Datenbank auf einem Server. Jetzt kommen drei, vier, fünf mächtige Softwaresysteme zum Einsatz. Die zeitnahe und unkomplizierte Verfügbarkeit größerer Datenmengen hat zu neuen Optionen der Darstellung komplexer Datenmengen geführt. Die grundlegende Herausforderung in der Umsetzung bestand darin, die Maschinen datentechnisch an zentral organisierte Datenbanken oder Plattformen anzubinden, so dass sie zu den gefragten Zeitpunkten in einer Art Ablage verfügbar sind. Im Gegensatz zu früheren Prozessen der

Datenverarbeitung handelt es sich nun um Massendaten, die einer neuen technischen Infrastruktur bedürfen.

„Mit den einzelnen Werkzeugen muss man sich intensiv beschäftigen und dafür gibt es Expertisen, die wir uns auch einkaufen. Klar hat man Projekte gehabt, neue Maschinen anzuschaffen oder Dinge zu verbessern, die halt notwendig waren, um einen Produktivitätsfortschritt zu erreichen, das ist schon klar. Oder wenn neue Produkte eingeführt werden, gibt es auch immer ein Projekt dazu und so.“ (F3 Experte Strategie Digitalisierung #00:25:06-8#)

„Jetzt komme ich zum Aber. Das Ganze hat immer vielleicht halbjährlich nur Bestand. Wir machen Sprints, die sind drei, vier Monate. Wir wollen von Anfang an verhindern, groß erst einmal in Konzeptarbeit mit Planung zu laufen das ist dann eh gleich immer obsolet, drei Wochen später kann man das schon in die Mülltonne werfen. Sondern uns war wichtiger zu sagen, lass uns mal auch einen kleinen ersten Schritt implementieren. Ist ein bisschen chaotisch vielleicht, weil man das nicht so klassisch in der Form macht, wie man es vielleicht Jahre davor gemacht hat. Der Erkenntnisgewinn soll schnell kommen. Und der kommt dadurch, dass man abteilungsübergreifend zusammenarbeitet und sich auf einen Schritt 1 fokussiert, und zwar einen minimalistischen Schritt für so einen Sprint. Dann machen wir für jedes Themengebiet so einen Pager, da beschreiben wir kurz, was so das Thema ist, Zielstellung, welche Implementierungsschritte wir dann vorsehen, und ordnen es zu dieser übergreifenden Matrix, damit man klarsieht, wozu gehört das Ganze.“ (F3 Experte Strategie Digitalisierung #00:11:45-8#)

Weiterhin sind *abteilungsübergreifende Technologien* durch erste Versuche mit Künstlicher Intelligenz (KI) erkennbar. In allen untersuchten Betrieben kommen nach anfänglichem Zögern vermehrt Chat Bots o. ä. am Ende der Untersuchung zum Einsatz. Diese werden insbesondere von Führungskräften der jeweiligen Funktionsbereiche genutzt, um etwa die Produktionsprozesse, die Auftragsbearbeitung oder die Personaleinsatzplanung noch stärker als zuvor algorithmisch zu steuern und zu kontrollieren. In allen Betrieben werden KI-Anwendungen, die direkt in Maschinen und Anlagen implementiert sind, autonom arbeiten, noch eine „Vision, bei der noch nicht klar ist, ob es funktionieren wird.“ (Betrieb D Betriebsrat, Werkbesuch, Pos. 11-13).

4.3.1.2 Abteilungsspezifische Technologien zur vernetzten Automatisierung

Alle untersuchten Betriebe führen im Rahmen der skizzierten Datenstrategien *abteilungsspezifische Technologien* in typische Funktionsbereiche ein, um die Verfügbarkeit der Produktionsdaten erhöhen. Diese datengenerierenden Einzelanwendungen ähneln stark denen, die im vertieft untersuchten Betrieb A eingeführt wurden und sind als technische Artefakte beobachtbar. Zu den Artefakten in der direkten Produktion gehören zum Beispiel hochautomatisierte Maschinen und Anlagen in der Bestückung (SMT-Linien), automatisierte Roboteranlagen in der Montage und im Prüffeld oder Assistenzsysteme in verschiedenen Funktionsbereichen.

In allen untersuchten Betrieben sind Weiterentwicklungen teilautomatisierter Maschinen und Anlagen und ein erhöhter Automatisierungsgrad feststellbar. Der Automatisierungsgrad in der direkten Produktion steigt laut der Befragten seit den 1980er Jahren kontinuierlich an. Allerdings war in den untersuchten Betrieben der Elektronikbranche für den B2B-Markt eine vernetzte Automatisierung nicht

in dieser Form üblich, weil die Varianz der Erzeugnisse oft zu hoch war und bei kleineren Fertigungsspannen Investitionen in die Automatisierung aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht als lohnend wahrgenommen wurden. Eine Führungskraft des vertieft untersuchten Betriebs A erläutert dies wie folgt.

„Wir haben bis vor zwei Jahren jedes Gerät, was bei uns gefertigt wurde, hundert Prozent manuelle Wertschöpfung gehabt. Aber auch das kann passend sein. Also, es nützt mir ja nichts, wenn ich einen Roboter habe, ein riesenteures Automatenteil und dann am Ende da nur fünf Geräte am Tag rausproduziere.“ (F1 Führungskraft Betrieb A #00:53:46-6#)

Die abteilungsspezifischen Technologien zur Automatisierung werden intern selten als Teil von Industrie 4.0-Konzepten betrachtet. Im Kontext von Industrie 4.0 wurden in den untersuchten Betrieben neue Projekte zur vernetzten Automatisierung entwickelt, mit denen sich eine weitere Erhöhung des Automatisierungsgrades abzeichnet. Die befragten Expert*innen unterstrichen in den Interviews und Gruppendiskussionen, dass sich die untersuchten Betriebe an jenen Produktionsbetrieben anderer Sparten orientieren, die bereits seit einigen Jahren hochautomatisiert sind, wie etwa die Automobilindustrie und die Elektroniksparte für private Konsumenten.³⁴ Ein befragter Betriebsrat des vertieft untersuchten Betriebes A vergleicht das wie folgt.

„Die Autoindustrie ist aber einen Zacken härter. Das sind die Stückzahlen und die Fertigungsmengen. Und die Variabilität. Also wir haben da schon vor fast hundert Jahren vollautomatisierte Fertigungslinien gehabt, wenn sich das gerechnet hat. Die waren mechanisch und später elektromechanisch, aber es gab sie schon. Aber ein Investment in die Hardware war so immens, dass du unheimlich Durchsatz brauchst, damit irgendwann die Abschreibungen passen. Die Autohersteller konnten sich teure Roboter leisten, weil die eben eine hohe Serienstückzahl hatten. Bei einem sagen wir einmal Nischenprodukt war bisher der Mensch noch billiger mit den Lohnkosten als eine neue Investition in die Technik. Die Komponenten, die wir heute hier verbauen in der Automatisierung, da hatten in den letzten zwanzig Jahren einen Preisverfall, weil es Mainstream wird. Hatten wir früher, sagen wir einmal so ein Roboter hat eine halbe Million gekostet, der kostet heute nicht mal mehr 10.000.“ (F5 Betriebsrat Betrieb A #00:08:05-2#)

Noch vor wenigen Jahren gab es erheblich weniger Automatisierung in der direkten Produktion und viele Handarbeitsplätze wurden umgebaut. Neu ist die Einführung digital gesteuerter Robotersysteme zur Verbesserung der Produktqualität, wie im Prüffeld. Vor der Einführung der robotergestützten Montage waren alle untersuchten Betriebe bei weitem nicht so hochautomatisiert wie Bereiche der Automobilindustrie, etwa Karosseriebau oder Lackierung usw. Die Taktungen in der Produktion wurden oft noch ohne technische Unterstützung festgelegt.

„Die Automatisierung mit Robotern, die ist konzeptionell von meinem Vorgänger schon entsprechend ausgearbeitet worden. Ich war der, der es dann umgesetzt hat, in Zusammenarbeit mit einer externen Firma. Und aus diesen Aktivitäten heraus ist dann im Unternehmen ein Leuchtturmprojekt *Digitalisierung in Smart Factory* entstanden. Da haben wir dann dieses Thema angeschoben.“ (F3 Experte Strategie Digitalisierung #00:52:31-2#)

³⁴ Anmerkung: Dazu gehören etwa elektronische Geräte zur Telekommunikation oder Haushaltselektronik.

„Man ist durchgelaufen und hat gesehen, hier gibt es keine Automatisierung, aber ich war sofort im Projekt Projektteam zur Automatisierung drin. Deswegen gibt es für mich gar nicht das davor. Ich war sofort in der Automatisierung und konnte sofort das Wissen anwenden, was ich an der Hochschule theoretisch und praktisch erlernt hatte.“ (F6 Experte Digitalisierung, Betrieb B 00:34:55)

Die Einführung von Roboteranlagen in der Montage dient auch in den ergänzend untersuchten Betrieben dem Ziel, die bisher manuellen Arbeitsschritte in der direkten Produktion zu automatisieren. Die befragten Betriebsratsmitglieder aller Betriebe ordnen die Automatisierung mit neuen Maschinen und Anlagen in der Bestückung und die neuen Robotik-Systeme nicht unbedingt der Industrie 4.0-Idee zu, aber die befragten Expert*innen für Digitalisierung betonen, dass es sich im Kontext von Industrie 4.0 zwar vor allem um Weiterentwicklungen handelt, aber eine neue Generation der Robotertechnik zum Einsatz kommt, die mit weiteren Systemen vernetzt ist und Daten sammelt. Aus der erhöhten Datenverfügbarkeit resultieren stärker als zuvor eine datengetriebene Produktionsplanung und digitale Rechenmodelle. Anders als bisher spielt die Vernetzung der Roboteranlagen eine Rolle und auch die Qualität der Auswertungen zur Optimierung der Produktionsprozesse und -kosten bei sogenannten „High-Runner Produkten“ ist neu.

Der veränderte Einsatz neuer Maschinen und Anlagen betrifft auch produktionsnahe Dienstleistungsprozesse. So basiert die geplante Wartung in der Instandhaltung auf Maschinendaten und Anwendungen, die exakt die Störanfälligkeit von Maschinen und Anlagen berechnen und automatisierte Wartungspläne erstellen. Aber auch die neue Robotergeneration ist zum Beispiel so programmiert, dass automatisiert Meldungen an die Logistik gehen, wann welche Bauteile benötigt werden. Ein anderes Beispiel sind kleinere und verbilligte Roboteranwendungen im Prüffeld. Üblich war bisher eine manuelle Testung der Displays auf fertigen Erzeugnissen mittels Tastencheck durch Fachkräfte. Diese Aufgabe der manuellen Tastenchecks und Funktionsprüfungen übernehmen jetzt kleine Roboterarme mit Kamera-Sensorik. Darin sehen Expert*innen für Digitalisierung mehrere Vorteile. Sie betonen geringe Anschaffungskosten (dreitausend bis sechstausend Euro) und einen minimalen Aufwand des Anlernens:

„Du machts das einmal vor und dann kann der das und das besser im Vergleich zum menschlichen Auge.“ (F6 Experte Digitalisierung, Betrieb B #00:16:23-4#).

In allen untersuchten Betrieben ist erkennbar, dass sich in der Logistik digitale Systeme für die interne Materialversorgung durchsetzen, die Materialteile orten und erkennen und Logistikprozesse zunehmend automatisieren.

Zu den *abteilungsspezifischen Technologien* gehören auch Assistenzsysteme. Mit Assistenzsystemen sind alle Technologien gemeint, die der Unterstützung der Beschäftigten in der Ausführung ihrer Arbeitsprozesse dienen. Die Systeme visualisieren Informationen auf mobilen Endgeräten und kommen in den untersuchten Industriebetrieben seit mehreren Jahren in unterschiedlichster Form vor. Im Kontext von Industrie 4.0 finden sich weiterentwickelte stationäre Assistenzsysteme sowie neue mobile und neue virtuelle Assistenzsysteme in allen Betrieben. Die Systeme haben im Arbeitsprozess der Beschäftigten eher *Werkzeugcharakter*, sind aber auch datengenerierende Anwendungen, die verstärkt mit anderen Systemen – wie etwa mit der Produktionsplanung – in die gesamte technische

Betriebsinfrastruktur eingebunden sind. Andererseits können einige Assistenzsysteme in Echtzeit Prozessdaten der Produktion zentralisiert bereitstellen, so dass diese auch in Echtzeit für Arbeitsprozesse verfügbar sind. So variieren die Einsatzgebiete in den Betrieben nach Funktionsbereich in:

- Stationäre Assistenzsysteme zur Bestückungsunterstützung
- Stationäre Assistenzsysteme zur Montageunterstützung
- Mobile Assistenzsysteme zur Kommissionierung
- Mobile Assistenzsysteme zur Wartung und Entstörung
- Virtuelle Assistenzsysteme zur Wartung und Entstörung

Stationäre Assistenzsysteme sind wie im vertieft untersuchten Betrieb A seit längerem im Einsatz, aber waren bisher isolierte Inselanwendungen. Zu den stationären Assistenzsystemen gehören sogenannte digitale Werkerführungen, die bereits vor Industrie 4.0 als Pick-by-Light und Pick-by-Voice-Systeme bekannt waren. Sie kommen im Bereich der manuellen Tätigkeiten zum Einsatz und steuern rigide die Arbeitsprozesse formal gering qualifizierter Beschäftigter mit einem hohen Kontrollpotenzial, auch wenn viele befragte Beschäftigte dies subjektiv nicht als solches wahrnehmen.

„Das ist jetzt nicht unbedingt etwas, was jetzt im Zuge der Digitalisierungsstrategie geschaffen wurde. Diese grafische Arbeitsanweisung, die den Mitarbeiter führt, durchleitet, die wird heute manuell erstellt, mit Bildern, mit Power Point dahinter, wie auch immer. Sie können sich vorstellen, wenn die Entwicklung(-abteilung) etwas Neues entwickelt, hier in die Fertigung einführt, dann ist das Thema grafische Arbeitsanweisung entsprechend zu aktualisieren, immer nachlaufend. Der Anspruch im Sinne der Digitalisierung ist aber ein ganz anderer. Sie sagen, wenn ich schon entwicklungsseitig die Daten verfügbar habe zum Produkt, dann wäre das natürlich mit den entsprechenden Werkzeugen wichtig, dass so Anweisungen für die Montierbarkeit gleich mit entstehen, damit ich nicht erst nach zwei, drei Wochen.“ (F3 Strategie Digitalisierung #00:29:08-6#)

Im Kontext von Industrie 4.0 sind diese Assistenzsysteme stärker mit Sensorik ausgestattet und mit weiteren Anwendungen verbunden, wie etwa mit Robotersystemen, Produktionsplanungssystemen oder teilweise mit Anwendungen aus den produktionsnahen Dienstleistungen.

Mobile Assistenzsysteme sind wie im vertieft untersuchten Betrieb A seit einiger Zeit zunehmend in den produktionsnahen Dienstleistungen wie der Kommissionierung oder der Instandhaltung im Einsatz. Sie sollen die Arbeitsprozesse von formal gering qualifizierten Beschäftigten und fachspezifisch ausgebildeten Beschäftigten unterstützen. Auch diese Systeme sind mit weiteren Anwendungen verbunden, wie etwa mit Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion sowie Produktionsplanungssystemen. Andere mobile Assistenzsysteme sind Anwendungen zur Produktionsprozesskontrolle, die datengestützt Prozessdaten aufbereiten und visualisieren. Sie kommen insbesondere bei Führungskräften zu Einsatz.

Virtuelle Assistenzsysteme sind in nur zwei Betrieben (A und C) speziell in der Facharbeit anzutreffen, aber noch nicht im Einsatz; sogenannte Wearables wie Virtual Reality-Brillen, Smart Watches, Smart Glasses, Augmented Reality-Simulationen usw. befinden sich noch in der Experimentierphase. Das Anwendungsszenario im Betrieb C sieht vor, dass Fachkräfte in der Außenmontage virtuell

Informationen über benötigte Bauteile und Handlungsabfolgen erhalten, die sie dann manuell einbauen und dokumentieren. Aus Sicht der befragten Betriebsräte sind solche virtuellen Assistenzsysteme mitbestimmungspflichtig. Bei Einzelanwendungen wie Wearables geht es zwar auch um die Digitalisierung von Prozessen, aber es hat mit den Massendatensammlungen der Produktion weniger zu tun. Vielmehr geht es um die Sammlung von Informationen über Beschäftigte und ihre Handlungsabläufe, bspw. technisch mögliche Messungen zum Bewegungsradius für die Planung von Verschlinkungen wie etwa in der Logistik oder technisch mögliche die Messungen zu abweichenden Körperfunktionen bei bestimmten Arbeitshandlungen, etwa bei Stress oder auch zu langen Pausen. Aus diesem Grund geht es allen befragten Interessensvertretungen darum, selbst in Pilotprojekten geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen und mögliche Kontrollpotenziale auszuschließen, die zum Nachteil der Beschäftigten genutzt werden könnten.

Im Zuge der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen zeichnet sich ab, dass sich in allen untersuchten Betrieben zunehmend vernetzte Assistenzsysteme in unterschiedlichen Handlungsfeldern verbreiten. Im Vergleich zu früheren Versionen der Assistenzsysteme gibt es Hinweise auf einen Shift in der Gestaltung und der Programmierungen dieser Systeme. Erkennbar sind festgelegte, regelbasierte Funktionsweisen mit einem einfachen Anzeigen der Arbeitsanweisungen (wie Pick-by-Light) und anpassungsfähige Funktionsweisen, die den Beschäftigten in kontextsensitiven Arbeitsfeldern relevante multimediale Informationen in Echtzeit zur Verfügung stellen.

Aus Sicht der befragten Expert*innen für die Digitalisierung geht es im Kontext von Industrie 4.0 um die Verbesserung der Assistenzsysteme mit dem sogenannten *Usability-Ansatz*, der eine intuitive Benutzerführung ermöglichen und die Ergonomie und Arbeitssicherheit sowie die Prozess- und Produktqualität erhöhen soll. Es werden aber auch ökologische Ziele verfolgt, wie die *papierlose Fertigung*.

„Der Nutzen muss nachher ein Effizienzgewinn oder eine Einsparung sein. Wenn das nicht gegeben ist, sieht es schlecht aus. Gerade beim Thema Big Data, da werden viele Szenarien aufgemalt (...) Analytics Module liefern wir mit. Dann bringt Big Data in einer gewissen Form was. Alle Daten einfach irgendwie zu sammeln und ja ich werde schon irgendwas drin finden, aber nichts, was ich vielleicht auch so hätte sehen können. Da brauch ich nicht unbedingt Big Data. Natürlich wollen alle an die Daten, aber keiner wird die Daten rauslassen, dass du Daten benutzen kannst, lieber Anbieter. Das macht keiner mit (...) das sind auch personenbezogene Daten, die wir gar nicht erfassen wollen.“ (F4 Experte Digitalisierung, Pos. 120-121)

„Das kann man immer komfortabler werden lassen, um möglichst einfach und schnell, jederzeit und überall Daten zur Verfügung stellen (F3 Strategie Digitalisierung #00:31:08-6#).

„Das ist dann so einfach wie für ein kleines Kind. Kleine oder große Karten, Bild drauf, kleb das drauf und sage, jetzt starte. Mehr nicht. So ein Display kostet auch nichts mehr. Papiere werden noch abnehmen und die Möglichkeit, so Sachen zu machen und die Visualisierung zu verbessern, dass die organisatorischen Maßnahmen besser greifen.“ (F6 Experte Digitalisierung #00:56:55#)

Die Visualisierung der Arbeitsprozesse und die Ausgestaltung von Assistenzsystemen wird von diesen Expert*innen als eine hochkomplexe Aufgabe angesehen. Als problematisch wird aus dieser Perspektive

die hohe Abhängigkeit von der IT im Erstellungsprozess und folgend ein hoher Betreuungs- und Pflegeaufwand gesehen. Weiterhin besteht aufgrund uneinheitlicher Standards der Hersteller eine Herausforderung darin, die Systeme zu vernetzen, weil verschiedene Assistenzsysteme nicht kompatibel sind.

In allen Betrieben wurden Assistenzsysteme für das Anlernen von „industriee-unerfahrenen Beschäftigten“ eingesetzt, um ihnen die Einarbeitung in die manuellen Abläufe zu erleichtern. Aus Sicht der befragten Betriebsrät*innen sind Assistenzsysteme besonders im Rahmen der Einarbeitungsprozesse problematisch, weil die standardisierten Abfolgen grundlegende Verschiebungen in betrieblichen Beschäftigtenstrukturen ermöglichen. In den Gruppendiskussionen unterstreichen sie das Risiko einer *Verkürzung der Anlernzeiten*. Bei instabilen Marktentwicklungen könnte demnach der Einsatz von Leihkräften zunehmen, die immer schneller angelernt werden, denen aber derzeit in allen untersuchten Betrieben die Jobperspektiven fehlen. Die Aushandlungen müssten demnach so erfolgen, dass keine indirekte Entwertung der Entlohnung eintritt.

Stationäre Assistenzsysteme in der direkten Produktion und in produktionsnahen Dienstleistungen, die von formal gering qualifizierten Beschäftigten bedient werden, sind in allen Betrieben restriktiv gestaltet und lassen kaum Spielräume für die Anwendung und die Entwicklung von Erfahrungswissen zu. Die Systeme sind obligatorisch und können nicht einfach bei Bedarf ausgeschaltet werden, da sie mit weiteren Anwendungen der Produktionssteuerung verbunden sind. Die überwiegende Mehrheit der Beschäftigten ist seit vielen Jahren in der Montage oder in der Kommissionierung tätig und benötigt für den Arbeitsprozess kaum eine technische Unterstützung. Diese Beschäftigten verfügen über viel Erfahrungswissen bzw. haben über die Jahre eigene Handlungsabläufe entwickelt. Aus ihrer Sicht sind die stark vereinfachten und standardisierten Abfolgen in Assistenzsystemen vor allem störend und einengend. Sie wünschen sich stattdessen individuelle Anpassungsmöglichkeiten, die sich an ihrem tatsächlichen Unterstützungsbedarf orientieren und ihnen Handlungsspielräume eröffnen. Gerade erfahrene Beschäftigte wünschen sich, das Assistenzsystem bei Bedarf abstellen oder ausblenden zu können, weil sie die Prozesse seit Jahren ausführen und viel Erfahrungswissen zur Ausführung einsetzen können. Über die Jahre haben sie sich dieses Wissen über die einzelnen Schritte angeeignet und darüber hinaus durch Rotation Prozesswissen erworben. Sie berichten, dass sie die Abläufe gut kennen und einschätzen können. Nur bei längerer Abwesenheit, etwa bei Krankheit oder häufiger Rotation, empfinden auch erfahrene Beschäftigte stationäre Assistenzsysteme als hilfreich und unterstützend. Im Gegensatz dazu nehmen Leihkräfte oder Berufsanfänger stationäre Assistenzsysteme vorwiegend als Entlastung wahr.

Die bisherige Technikgestaltung orientiert sich jedoch zu wenig an diesem geäußerten Bedarf der Beschäftigten und lässt kaum individuelle Anpassungsmöglichkeiten zu. Die Technikgestaltung lässt auch nicht zu, dass Beschäftigte direkt im Arbeitsprozess ihre individualisierten Handlungsabfolgen einbringen, wie sie besonders von erfahrenen Beschäftigten über die Jahre entwickelt wurden. Weiterhin lässt das System nicht zu, dass Beschäftigte kreative Lösungsansätze für Probleme im Arbeitsprozess entwickeln. Außerdem wurde bisher ausgeschlossen, dass sich Beschäftigte mit einer hohen

Lernbereitschaft im Bedarfsfall über neue Entwicklungen im Werk oder über neue Technologien in ihrem stationären Assistenzsystem informieren und damit ihre möglichen Handlungsspielräume selbstbestimmt entwickeln oder zumindest an der Weiterentwicklung beteiligt sind. In der weniger lernförderlichen Technikgestaltung deuten sich bereits Faktoren an, die sich auf die Lernbereitschaft der Beschäftigten auswirken.

Mobile Assistenzsysteme, die neuerdings vermehrt bei technisch ausgebildeten Fachkräften anzutreffen sind, können auch einen restriktiven Charakter haben, wenn es um die Organisation von Auftragsabfolgen geht. Diese Anwendung kann auch als Organisationstechnologie benannt werden. Gleichzeitig ermöglichen die Funktionen eine neue Flexibilität im Arbeitsprozess, etwa wenn die Dokumentation komplexer Arbeitsaufträge vereinfacht wurde, was Beschäftigte dann vorwiegend als Entlastung wahrnehmen. Nur wenige äußern sich bisher kritisch und lehnen die fremdbestimmte Organisation der Arbeitsaufträge ab.

Am Beispiel der Assistenzsysteme zeigte sich in methodischer Hinsicht eindrücklich, dass diese Systeme zwar in jedem Funktionsbereich der untersuchten Betriebe bei verschiedenen Beschäftigtengruppen zum Einsatz kommen und sich technisch nur marginal unterscheiden, aber im Hinblick auf die Qualifikation differenziert zu betrachten sind. Hierbei spielen nicht nur abteilungsspezifische Funktionalitäten eine Rolle, sondern auch die Handlungs- und Entscheidungsspielräume sowie Möglichkeiten zur Nutzung und Entwicklung des Erfahrungswissens von Beschäftigten, was stark an die Vorbildung dieser Beschäftigten geknüpft ist. Im Vergleich zwischen stationären und mobilen Assistenzsystemen zeigte sich weiterhin, dass es in unterschiedlicher Art und Weise zu einer Standardisierung der Arbeit kommt, mit restriktiven Vorgaben der Abfolgen im Arbeitsprozess oder der Arbeitsaufträge. Einerseits zeigt sich, dass stationäre Assistenzsysteme eine Entwertung des Erfahrungswissens begünstigen und bereits verengte Handlungs- und Entscheidungsspielräume weiter beschneiden. Andererseits wird deutlich, dass bereits flexibilisierte Handlungsspielräume sich weiter entgrenzen. Hier kommt es auf eine passende Technik- und Organisationsgestaltung an. Besonders wichtig vor diesem Hintergrund ist es, die bestehenden Qualifikationen der unterschiedlichen Beschäftigtengruppen und deren Handlungsspielräume im Zusammenhang mit den Anforderungen und der tariflichen Entgeltspolitik zu analysieren und dabei die technische oder/und arbeitsorganisatorische Mitgestaltung analytisch einzubeziehen. Hier deutet sich ein weiterführender Forschungsbedarf an.

Festzuhalten bleibt, dass sich im Kontext von Industrie 4.0 in allen untersuchten Betrieben weiterentwickelte, abteilungsspezifische Technologien zeigen. Daraus ergibt sich eine merkliche Erhöhung des Automatisierungsgrades in den untersuchten Betrieben, die bislang bei weitem (noch) nicht mit der Intensität im Automobilbereich vergleichbar ist. Aus Sicht der befragten Werksleitungen und Interessensvertretungen handelt es sich um nachgeholte Investitionen in die Anpassung an den aktuellen Stand der Technik, die aufgrund eines Preisdumpings in der Technologiebranche zustande kommen. Nach einer *mechanischen* und später *elektromechanischen Automatisierung* erfolgt im Kontext von Industrie 4.0 eine *vernetzte Automatisierung* durch algorithmische Steuerungssysteme.

Die Unterschiede bestehen in den Reifegraden der abteilungsspezifischen Technologien sowie in der Reihenfolge und der Umsetzungsgeschwindigkeit der abteilungsübergreifenden Vernetzung innerhalb eines Betriebes und erst recht im Vergleich zwischen den untersuchten Betrieben. Anders als in Betrieb A und D wurden im Betrieb B und C zusätzlich zu den beschriebenen abteilungsspezifischen Technologien im Kontext von Industrie 4.0 neue Formen der mobilen Assistenzsysteme eingeführt, die als Organisationstechnologien einzuordnen sind. Dabei handelt es sich um automatisierte und vernetzte *Systeme zur Arbeitsvergabe*. Das Konzept dahinter bewegt sich weg von einer klassischen Leitstandsteuerung, wo einzelne Bediener*innen nach dem *Mein-Maschine-Prinzip* arbeiten. Dafür erfolgt die Arbeits[ver]teilung über mobile Endgeräte wie Smartphones oder Tablets und im Hintergrund läuft die Arbeitsorganisation über eine intermediäre Plattform, die Arbeitsaufträge automatisiert nach Bedarf verteilen kann. Meldet zum Beispiel eine Maschine einen Fehler, entscheidet das System, ob es sich um elektrische oder mechanische Probleme handelt und wählt dementsprechend qualifizierte Beschäftigte aus und weist ihnen automatisiert diese Aufgabe zu. Die dahinterliegende Software wurde von externen Unternehmen programmiert und nach dem Einkauf an die Anforderungen im Werk angepasst. Der Betriebsrat betont, dass der Einführungsprozess nicht einfach verlief, weil es kaum eine Einbindung der Beschäftigten gab und das Management alles ganz schnell implementieren wollte. Das Feedback der Beschäftigten wurde zu wenig oder gar nicht berücksichtigt und das größte Akzeptanzproblem im Implementationsprozess bestand in der Auflösung des jahrelang bewährten *Mein-Maschine-Prinzips*, das von technischen Entscheidungsprinzipien zur Arbeitsorganisation abgelöst wurde.³⁵

Weiterhin gab es betriebsspezifische Unterschiede in der Arbeitsorganisation, die aber weniger in direkter Verbindung mit den Technologien standen, sondern von Mitbestimmungspraktiken gekennzeichnet waren. Alle befragten Betriebsräte betonen die Wichtigkeit der Betriebsvereinbarungen (BV) im Kontext von Industrie 4.0.³⁶ In jedem der untersuchten Betriebe wurden diese zu unterschiedlichen Zeitpunkten umgesetzt. Zum Beispiel war die Überarbeitung der Digitalisierung zu Beginn der Studie im Betrieb A noch nicht erfolgt, obwohl schon Technologien eingeführt worden waren; im Betrieb C war dies bereits vor Beginn der Pilotprojekte ausgehandelt. Dafür gab es im Betrieb A von Anfang an eine enge Zusammenarbeit der Betriebsräte mit der HR-Abteilung, um die Qualifizierung der Beschäftigten rechtzeitig sicherzustellen. Beim Betriebsrat in Betrieb B hingegen stand die Frage im Zentrum, welche Auswirkungen auf die Beschäftigungssicherheit im Kontext von Industrie 4.0-Ansätzen zu erwarten wären und die Diskussionen handelten primär von der Befürchtung, dass sich eine allgemeine Absenkung im Qualifikationsniveau und im Lohnniveau zeigen könnte, so dass bei dem hohen Anteil an

³⁵ Anmerkung: Der Betriebsrat betont, dass das Management die Umsetzung als eine Erfolgsgeschichte darstellt, aber eine große Unzufriedenheit bei Beschäftigten besteht, weil die Einführung zu schnell verlief und unter viel Druck zu schnell Ergebnisse verlangt wurden, möglichst schnell zur positiven Umsetzung zu kommen. Die Unzufriedenheit ist in Betriebsbefragungen dokumentiert.

³⁶ Anmerkung: Betriebsräte diskutieren darüber, dass beim Thema Digitalisierung Betriebsvereinbarungen anders gedacht werden müssten, weil es auch um informationelle Selbstbestimmung geht. Aber auch neue Regelungen zu bestehenden Themen wie Leistungskontrolle, Arbeitsverdichtung, die Eingruppierung des Entgelts oder Arbeitssicherheit sind weiterhin im Kontext von Industrie 4.0 erforderlich. Einige Betriebsvereinbarungen sind über dreißig Jahre alt und überarbeitungsbedürftig. Zunehmend wird im Rahmen von IG Metall-Veranstaltungen ein Austausch zwischen Betriebsräten aus verschiedenen Werken zur Gestaltung von Betriebsvereinbarungen gefördert. Besonders Anwendungen zur Automatisierung, die über Pilotprojekte hinausgehen, erfordern ein Umdenken, aber auch einen Konsens, der selbst unter Betriebsräten nicht einfach erscheint.

Facharbeiter*innen die „heutige Entgeltgruppe 7 später eine Entgeltgruppe 5“ sein könnte. Im Gegensatz dazu hat der Betrieb A andere Voraussetzungen, denn in Bezug auf den Personalabbau gibt es für die kommenden Jahre Berechnungen, in denen ein schleichender Personalabbau über Austritte wegen des hohen Alters deutlich wird.

Aus Sicht der Betriebsräte bestehen im Veränderungsprozess viele Chancen für ein Wachstum. Bei einer fortschreitenden Automatisierung, bei der das Wachstum ausbleibt, könnte dennoch ein Beschäftigungsabbau eine Folge sein.

„Wir sind jetzt hier am Standort in einer glücklichen Lage. Der Abgang der Babyboomer-Gesellschaft und der Produktivitätsfortschritt verläuft ziemlich parallel. Wir haben das auswerten lassen, dass praktisch das, was die Produktivitätsschritte, die in den nächsten Jahren kommen werden, und die natürlichen Abgänge ungefähr parallel laufen, auch in den Strukturen der einzelnen Gewerke. Das ist ein wichtiges Ding. Weil sonst wären wir genau in dem, was ich gesagt habe, wenn du einen Laden transformieren willst und plötzlich sind 250 Leute übrig, weil du das und das angeschafft hast. Dann hast du ein Problem, weil dann werden die alle die roten Fahnen herausholen, weil wir die Dinger kaufen.“ (F5 Betriebsrat Betrieb A #02:11:27-2#)

„Wenn da etwas Neues dazukommt, haben wir wieder eine Chance zu wachsen. Ansonsten werden wir nur mit einer Automatisierung sukzessive Personal abbauen. Aber nicht so, dass es uns krisentechnisch aus der Bahn wirft und wir die Hälfte hier über Bord ballern müssen. Es ist der klassische Automatisierungsprozess. Wir sind ja in vielen Teilen schon automatisiert und je weiter das voranschreitet, desto mehr werden hier und da ein, zwei Kräfte fallen. Aber du wirst eine Schicht immer besetzen müssen. Und da wir dreischichtig fertigen, wirst du auch immer drei Schichten besetzen müssen. Du wirst Teams in bestimmten Bereichen haben. Du hast Teamleiter. Die Frage ist, sind die Teams mit acht oder mit sechs Mann dann zu groß.“ (F5 Betriebsrat Betrieb A #02:13:46-1#)

Im Zuge der Betriebsratsarbeit werden in allen untersuchten Betrieben mit Hochdruck neue Betriebsvereinbarungen entwickelt, die Arbeitszeiten im Kontext der Automatisierung und Digitalisierung regeln; Betriebsräte signalisieren Zustimmung oft nur, „wenn keine Arbeitsplätze verloren gehen und die Person keinen Schaden nimmt.“

„Wir automatisieren, wo sowieso keine Wertschöpfung ist. Einen abgearbeiteten Auftrag siebzig Meter weiter durch die Halle zu schieben, ist null wertschöpfend. Der Arbeitsplatz kann wegfallen, das ist überhaupt kein Thema. Aber du musst eine Perspektive für den Menschen haben.“ (F5 Betriebsrat Betrieb A #02:10:11-1#)

Die befragten Betriebsrät*innen betonen die Relevanz der Einbindung der Beschäftigten im Kontext von Industrie 4.0. In den Gruppendiskussionen wurde deutlich, dass Beschäftigte besonders dann unzufrieden mit neu eingeführter Technologie waren, wenn Führungskräfte eine zu schnelle Veränderung mit zu wenig Rückkopplung durchführten und wenn es zu wenig Einbindung der Beschäftigten gab. In solchen Fällen kam es zu deutlichen Akzeptanzproblemen bei Beschäftigten. Die befragten Betriebsräte waren sich einig, dass es zu Akzeptanzproblemen bei den Beschäftigten kommt, wenn diese sich nicht ausreichend mitgenommen fühlen, aber dies nicht immer bei den Einführungen der abteilungsspezifischen Einzelanwendungen im Kontext von Industrie 4.0 umgesetzt wird.

„Für mich ist die Frage nicht, gibt es etwas auszuhandeln, sondern hat das überhaupt eine Chance? Kann das überhaupt funktionieren? Und dann, wenn ich zu dem Schluss komme, ja, es kann funktionieren, dann frage ich mich, muss ich dieses ganze Prinzip der Personalentwicklung, des Coachings über Bord schmeißen? (F5 Betriebsrat Betrieb A #00:44:32-4#)

„Digitalisierung, das sind viele Sachen, die du früher mit Listen und Tabellen machen musstest, schafft heute die Digitalisierung. Praktisch, dass du schon vom Fertigungsauftrag das Ding runtergenommen hast. Da braucht keiner mehr eine Liste schreiben.“ (F5 Betriebsrat Betrieb B #00:08:57-4#)

„Wir waren auf der Betriebsräte-Fachtagung, da gab's ein Forum zum Thema Digitalisierung und da habe ich dann auch unser Beispiel dann auch vorgetragen und da war ein Kollege aus einem bekannten Automobilbetrieb dabei und da habe ich so über unsere Brille erzählt und der hat mir dann auch geraten, ja Mensch, haben wir ja schon und die Kollegen sind ganz begeistert von den Brillen usw., die wollen gar nichts anderes mehr haben. Wir haben da Regelungen.“ (Betriebsrat Betrieb C, Pos. 254)

In den Betriebsbefragungen wurden im Rahmen dessen noch weitere Punkte offen geäußert wie etwa, wenn im Betrieb zu wenig in Weiterbildung und Schulungen investiert wurde oder zu viele Unsicherheiten durch unzureichende Kommunikation entstanden.

4.3.2 Art und Weise der Technologieeinführung im Kontext von Industrie 4.0

Zur anfangs aufgeworfenen Frage, wie die Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 erfolgt, lässt sich in den untersuchten Betrieben eine ähnliche Vorgehensweise identifizieren, die sich nur im Detail unterscheidet.

Die Analyse zum Umsetzungsstand von Industrie 4.0-Konzepten in vier ausgewählten Betrieben der Metall- und Elektroindustrie zeigt, dass die Betriebe in einem unterschiedlichen Maße neue Technologien einführen. Bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen handelt es sich um einen dynamischen Veränderungsprozess, der nicht einmalig erfolgt und nicht in sich geschlossen ist. Außerdem spielen verschiedene Interessen eine Rolle. So dienen einige Projekte im Kontext von Industrie 4.0 vordergründig unternehmerischen Prestigezwecken, bei denen es nicht immer darum geht, die technischen Anwendungen nach der Versuchsphase auch zu implementieren. In anderen Projekten geht es vordergründig darum, viele Erfahrungen zu sammeln und diese auf andere Abteilungen oder sogar auf andere Werke an verschiedenen Standorten des jeweiligen Unternehmens auszurollen.

Typischerweise lassen sich beim Umsetzungsprozess von Industrie 4.0 in den Betrieben vier Phasen unterscheiden, die nicht immer nacheinander ablaufen müssen und sich in der Praxis oft überlappen. Die Vorgehensweise wurde zuerst für den vertieft untersuchten Betrieb A identifiziert, konnte aber auch in den ergänzend untersuchten Fallbetrieben (B-D) durch Interviews und Gruppendiskussionen rekonstruiert werden. Die vier typischen Phasen der betrieblichen Einführungsprozesse sind im Folgenden näher beschrieben.

Nach einer ersten Sondierung und Orientierung erfolgt die Einführung abteilungsspezifischer Technologien sukzessive zu verschiedenen Zeitpunkten. Nachdem Technologien abteilungsübergreifend

erprobt wurden, verstetigten sie sich und wurden entweder an die Bedingungen im jeweiligen Funktionsbereich angepasst oder zurückgestellt. Auch die Vernetzung mit abteilungsübergreifenden Technologien erfolgt nach einem ähnlichen Muster. Die Einführungsansätze der untersuchten Betriebe sind insofern vergleichbar und lassen sich im Kern als übergeordnete Datenstrategie zur regelbasierten Steuerung der Produktion beschreiben.

In diesen abgebildeten Phasen der Technologieeinführungen ähneln sich auch die Motive bei den befragten Expert*innen, Werksleitungen und Führungskräften. Die befragten Akteur*innen in den Betrieben fassen die Einführung als fortlaufenden Orientierungs- und Entwicklungsprozess auf, bei dem die Optimierung der Produktionsprozesse im Mittelpunkt steht und angrenzende Felder der Betriebe über die Betriebsgrenzen hinweg zunehmend mitvernetzt werden sollen. In der algorithmischen Steuerung der Produktionsabläufe liegt für sie das Versprechen, die Produktionsketten in den Werken stärker zu verzahnen und mögliche Störungen in den Abläufen zu minimieren.

In zwei Betrieben (B und D) unterstreichen die befragten Werksleitungen zusätzlich die Erschließung neuer Märkte und strategischer Geschäftsfelder durch neue Anwendungen zur Datenerfassung. Zum Beispiel produziert Betrieb B neue Sensorik-Komponenten für die Automobilbranche. Die Komponenten sind zentrale Bestandteile für das autonome Fahren, die mit ihrer Sensorik die Umgebung abscannen. Die Sensorik und die dazu gehörigen Technologien werden am Markt vermehrt nachgefragt und versprechen ein zweistelliges Wachstum. Bei den ersten Projekten zum autonomen Fahren – die in Zusammenarbeit mit Instituten stattfinden – handelt es sich um Projekte mit riesigen Investitionsvolumen in der frühen Entwicklungsphase. Die befragten Experten erwarten in Zukunft einen Zuwachs an Arbeitsplätzen in diesem Entwicklungsbereich und die Investitionen steigen kontinuierlich an. Auch der Betrieb D befasst sich auf der Produktebene mit der Idee des vernetzten Autos (connected cars) und testet mit Künstlicher Intelligenz (KI/AI) Anwendungen für autonomes Fahren. Für das autonome Fahren drängen große IT-Player als Anbieter auf die Märkte (Tesla; Uber usw.) und erhöhen den Druck auf die deutschen Produktionsstandorte. Zudem sind die Umsätze in den letzten zwei Jahren bei früheren „High-Runnern“ stark rückläufig (bis zu knapp 50 %), so dass es viel Unsicherheit gibt, bei der „keiner so recht weiß, wo es langgeht“ (Betrieb D explorativer Werkbesuch Betriebsrat 2017, Pos. 5-10).

„Das Produkt, da machen sich die Entwickler Gedanken, wird es unser Produkt so noch geben oder gibt es Alternativtechnologien, mit denen ich die Funktionen ersetzen kann. Da macht es Sinn als Fertigungsbetrieb, wo wir noch nicht mal wissen, wie sieht eigentlich die Informationstechnologie 2030 aus. Ich bin der festen Überzeugung, wir sitzen auf einem der wenigen Wachstumsfelder. Mit dem Umbau der Geschäftsfelder, die auf Jahre hinaus eine zentrale Rolle spielen, dass es eine stabile Infrastruktur gibt. Wir würden heute für 2030 kein Geld bekommen.“ (F1 Werkleiter Betrieb B #00:31:56-3#)

Unterschiedliche Verläufe bestehen zwischen einer Gesamtstrategie als einer geplanten Strategie (ex-ante) und den letztlich verwirklichten und am Ende sichtbaren Strategien (ex-post). Die Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen lässt sich weiterhin in übergreifende Daten- und Vernetzungsstrategien mit übergreifenden Technik- und Softwarelösungen und in abteilungsspezifische Einzellösungen

unterscheiden. Ebenfalls Unterschiede in der Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 sind in den untersuchten Betrieben hinsichtlich der Geschwindigkeit in den vier Phasen erkennbar. Der vertieft untersuchte Betrieb hat die Umsetzung neuer Technologieansätze nach fünf Jahren noch nicht vollständig abgeschlossen, weil bspw. viele ungeplante Herausforderungen auftraten. Eine der größten Herausforderungen bestand darin, die neuen Systeme in bestehende Strukturen zu integrieren und mit bestehenden Schnittstellen abteilungsübergreifend zu vernetzen. Da es sich bei allen untersuchten Betrieben um größere Werke handelt, geht es darum, die Komplexität der Einführung zu bewältigen, denn viele Einführungen fanden parallel statt und mussten zügig synchronisiert werden. Als Problem kristallisierten sich dabei die unterschiedlichen Reifegrade der Technologien und die aufwändigen Abstimmungen heraus. Diese Punkte wirkten sich auf die Umsetzungsgeschwindigkeit innerhalb der Betriebe aus.

In den untersuchten Werken wurde während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen schnell erkannt, dass es sich um einen komplexen und dynamischen Veränderungsprozess handelt, bei dem es nicht allein um technische Themen geht, sondern der auch eng mit der Akzeptanz bei Beschäftigten zusammenhängt. Die Befragten betonten, dass sie im Kontext von Industrie 4.0 zunehmend auf die Einbindung der Beschäftigten achten, um deren Bereitschaft zu stimulieren, sich auf neue Prozesse einzulassen.

In der Analyse zeigten sich zwischen den untersuchten Betrieben aber Unterschiede im Hinblick auf die Einbindung der Beschäftigten. Im Rahmen von Industrie 4.0 entwickeln sich insbesondere im vertieft untersuchten Betrieb (A) im Verlauf – neben technischen Schwerpunkten – weitere Gestaltungsansätze zur Weiterbildung von Beschäftigten und zur Kommunikation betrieblicher Veränderungsprozesse. Im Betrieb A haben Vertreter*innen des Betriebsrates in Kooperation mit anderen Betriebsakteuren wie der HR deshalb übergreifende Konzepte zur Einbindung der Beschäftigten entwickelt. Die Umstrukturierungen von Prozessen und Abläufen im Betrieb A waren von viel interner Kommunikation flankiert, die abteilungsspezifisch und übergreifend organisiert war. Auf diese Weise wurden regelmäßig Angebote für alle Beschäftigtengruppen geschaffen, sich während der Arbeitszeit über aktuelle Entwicklungen im Betrieb abteilungsübergreifend zu informieren. In dieser innovativen Form sowie in dieser Breite und Tiefe war dies in den Ergänzungsstudien trotz engagierter Interessensvertretungen nicht ersichtlich. Eine transparente Kommunikation und beschäftigtenorientierte Kommunikationsabsicht haben sich in diesem Ausmaß in keinem der ergänzend untersuchten Betrieb gezeigt.

Die finale Einführung neuer Technologien ist in allen untersuchten Betrieben von verschiedenen Interessen abhängig. Die Argumentationsmuster des Managements und der Technologieexperten für die Einführung neuer Anwendungen ähneln sich stark. Ökonomische Überlegungen im Management wie Kosten-Nutzen Abwägungen beeinflussen stark die Dynamik im Prozess der Umsetzung auf der technischen Ebene. Die Abwägungen folgen damit dem Prinzip der Standardisierung und somit der Rationalisierung. Zum Beispiel werden digitalisierte Prozesse als „der Vereinfachung“ dienend und als „Mittel zur Effektivitätssteigerung“ für Arbeits- und Kostenersparnisse sowie als „Mittel der

Prozesskontrolle“ gesehen. Dabei ist es unerheblich, ob es sich um „Werkzeuge“ oder „selbstgesteuerte Automatisierungen“ handelt (Spath 2013: 47).

Aus Sicht der befragten Beschäftigten wird zwar eine hohe Relevanz der frühzeitigen Einbindung betont, aber in den Interviews skizzieren sie auch Unterschiede durch verschiedene Arbeitsbedingungen, die nicht immer eine Teilnahme an solchen Informationsangeboten zulassen, oder dass die Arbeitsplätze keine bzw. zu wenig Möglichkeiten für offene Recherchen bieten. Aus Sicht der befragten Führungskräfte ist aber nicht allein die Kommunikation oder mehr Einbindung der Beschäftigten gefragt; die Führungskräfte erwarten vielmehr von den Beschäftigten vermehrt Eigeninitiative, entsprechende Informationen oder dass sie Schulungsangebote selbstständig einfordern. Im Rahmen von Industrie 4.0-Ansätzen entwickeln sich im Verlauf der Studie insbesondere im vertieft untersuchten Betrieb weitere Gestaltungsschwerpunkte wie etwa die Weiterbildung von Beschäftigten oder die Kommunikation betrieblicher Veränderungsprozesse im Werk. Aber auch neue Ansätze zur Mitbestimmung werden erprobt, die in ein neues Konzept für die Werkskultur einfließen.

Während die Einbindung der Beschäftigten insbesondere im tiefergehend untersuchten Betrieb A hervorzuheben ist, liegen in den anderen Betrieben oft noch unausgeschöpfte Potenziale. Im Folgenden sind die vier skizzierten Phasen der Technologieeinführungen mit Gemeinsamkeiten und spezifischen Unterschieden in der Einbindung beschrieben.

4.3.2.1 Orientierungsphase

In der ersten Phase geht es gerade mit dem Aufkommen von Industrie 4.0 im vertieft untersuchten Betrieb A und in den ergänzend untersuchten Betrieben (B-D) um die Orientierung. Hierbei spielt die Auseinandersetzung mit grundsätzlichen Begrifflichkeiten in vielen Austauschprozessen eine zentrale Rolle. Dominante Schlüsselbegriffe waren etwa jene aus technikzentrierten Diskussionen wie *Internet of Things* (IoT), *Cloud Computing* und *cyber-physische Produktionssysteme* (CPS), die gerade anfangs in den betrieblichen Konzeptionspapieren und Austauschprozessen erkennbar sind. Wie bereits in den Portraits deutlich wurde, haben Beschäftigte in unterschiedlichen betrieblichen Positionen unterschiedliche Perspektiven bei der Umsetzung von Industrie 4.0, die im Folgenden skizziert werden.

Laut der befragten Experten, die sich mit der Umsetzung von Digitalisierungsansätzen befassen, sind die aufkommenden Begriffe ein interessantes Phänomen. Obwohl die Begriffe nicht eng vordefiniert sind, zeigt sich dennoch eine hohe Prägekraft auf reale Prozesse in den Betrieben. Beim Begriff *Industrie 4.0* stimmen die Aussagen der befragten Experten darin überein, dass es sich um eine politische Initialzündung handelt. Es sind Impulse, die neue Veränderungsprozesse in Industriebetrieben anstoßen und bestimmte technische Einführungen erst ermöglichen. Die konkrete Auslegung einer digitalisierten Produktion mit CPS erfolgt in den Abteilungen mit einer neuen „Toollandschaft“ (F1 Experte Digitalisierung). In den Ergänzungsstudien nutzen die Befragten im Zusammenhang mit der Umsetzung von Industrie 4.0 weitere Begriffe wie *Smart Factory*, um damit einen übergeordneten Ansatz zur

Digitalisierung im Werk zu beschreiben und die Beschäftigten hinter der Idee zur Digitalisierung zu versammeln.

Aus Sicht des Werksleiters des vertieft untersuchten Betriebes hat Industrie 4.0 eine technische Seite, bei der es um technische Komponenten und neue Anwendungen in der Produktion geht, die miteinander vernetzt sind. Er betont, dass es sich bei der Umsetzung um ein Langzeit-Programm zur Transformation der Produktion handelt.

„Vor zwei Jahren sind wir hier durchgelaufen und haben gesagt, was setzen wir denn da jetzt noch für 40 Jahre alte Technologien ein? Was können wir da besser machen auf der Technologieseite? Dann haben wir gemerkt, da kannst du automatisieren mit einer neuen Linie etc. und da können wir Daten abholen, die nützen uns was. Der Begriff Digitalisierung ist für mich mehr das Thema Internet of Things (IoT) verbunden, das heißt, wir klemmen unsere Maschinen, unsere Prozesse an eine Cloud an, die nicht mehr hier lokal verfügbar ist. Und verknüpfen diese Dinge zu einem Mehrwert.“ (F2 Werksleiter A #00:17:57-0#)

Der Werksleiter betont aber auch, dass Industrie 4.0 nicht nur technische Fragen beinhaltet, sondern einen neuen betrieblichen Ansatz erfordert. Darunter fallen Themen wie die Gestaltung der Werkskultur, die Weiterbildung und die Einbindung der Beschäftigten sowie die Kommunikation betrieblicher Veränderungsprozesse.

„Wir haben schnell gemerkt, das ist nicht nur die neue Technologie. Wir haben Prozesse bei uns drin, die würde keiner mehr per Hand machen und wir machen es immer noch per Hand. 2017 kam das Digitalisierungsthema dazu, was vorher nicht im Fokus stand. Da gab es nämlich das Ziel von der Zentrale, da waren wir beteiligt, da haben wir geguckt, was machen wir damit. Wir haben das Thema Digitalisierung hier jetzt anderthalb Jahre. Nachdem wir hier schon gezeigt haben, das können wir, das läuft, werden wir kontinuierlich besser, aber in der Kommunikation und im Tun haben wir nochmal stark darauf Fokus genommen.“ (F2 Werksleiter Betrieb A #00:16:30-8#)

Aus Sicht des Werksleiters (Betrieb A) handelt es sich bei Industrie 4.0 um einen typischen Begriff, der betriebliche Veränderungen initiiert. Er beschreibt das wie folgt:

„Es kommen so alle vier, fünf Jahre neue Schlagbegriffe hoch, die dann drei, vier Jahre später manchmal wieder beerdigt werden. Und wenn so etwas hochkommt, müssten wir dann relativ schnell prüfen, bringt es uns etwas, in welcher Form bringt es uns etwas, was nutzen wir davon. Da kriegen wir auch Vorgaben vom Unternehmen, dass wir uns darum zu kümmern haben. Aber wenn es uns nichts nützt, so ist unser Weg, würden wir es auch sein lassen (...) und Dinge entwickeln sich weiter. Industrie 4.0, das hört nicht auf, das ist ja so ein erster Schritt. Das Programm wurde aufgesetzt und jedes Jahr basteln wir daran. Ich fing dann mal an, eine Technologie-Roadmap bräuchten wir, und dann kam jemand, wir müssten auch mal ein paar Folien so allgemein erstellen, was ist uns denn wichtig? Dann haben wir Leitbilder dann gemacht.“ (F2 Werksleiter Betrieb A #00:08:55-6# und weiter #00:30:37-6#)

Alle befragten Werksleitungen stimmen darin überein, Industrie 4.0 als eine Chance dafür zu begreifen, sich neue Geschäftsfelder und neue Produkte usw. zu erschließen und Betriebsprozesse im Sinne der Produktionsziele effektiver zu steuern. Das betrifft die effektive Materialbeschaffung genauso wie einen effektiveren Personaleinsatz usw.

Ähnlich der Werksleitersicht ist auch die Sicht der Expert*innen, die sich mit der technischen Umsetzung von Industrie 4.0 und der Digitalisierung der Produktion befassen. Sie bezeichnen mit dem Begriff *Smart Factory* ein neues betriebliches Vorgehen, bei dem die Einführung neuer Maschinen und abteilungsübergreifender Automatisierungslösungen im Vordergrund steht, aber auch eine neue Form der Zusammenarbeit.

„Smart Factory und Digitalisierung, wie man es jetzt immer nennen mag, ist nur dann erreichbar oder entwickelbar, wenn wir abteilungsübergreifend anders zusammenarbeiten. Also, wenn Sie so ein Silodenken haben, was sich ja natürlich auch hier etabliert hat über die Jahrzehnte, was wir jetzt ein Stückweit aufweichen.“ (F3 Experte Digitalisierungsstrategie #00:09:18-9#)

Die befragten Expert*innen betonen, dass in kontinuierlichen Abständen von wenigen Jahren wiederholt neue Begriffe aufkommen, die in den Betrieben einen Druck erzeugen, sich fortlaufend an den neuen Stand der Technik anzupassen. In der Vergangenheit hatte sich gezeigt, dass oft erst im Nachgang klar wurde, welche Relevanz und welches Ausmaß die Einführung neuer Technologien hatte. Auch bei Industrie 4.0 erwarten die Experten eine ähnliche Tendenz. Sie weisen darauf hin, dass Industrie 4.0 in den Betrieben oft noch gar nicht umgesetzt ist und sich vieles noch in der Entwicklung befindet. Ein befragter Experte beschreibt das wie folgt:

„Der Begriff ist ja nicht definiert. Jeder sagt es zwar, aber irgendwann ist man an einem Punkt, wo die Leute entwickelt sind, und dann sagen wir, das ist Industrie 4.0. Das haben wir erreicht mit Digitalisierung und viel an Daten sammeln und auch die Verarbeitung jetzt. Wir sind an einem Punkt, das und das macht das. Wir haben auch Fälle, die es dann zeigen, die es umgesetzt haben. Die sagen, das ist Industrie 4.0, die machen einen Haken dahinter und können es greifen. Viele können es noch nicht greifen. Es wird immer die ersten geben, die es definieren und die ersten Schritte machen. Und keiner weiß direkt, wo es hinläuft. Wir machen jetzt viel und vielleicht hat es auch negative Auswirkungen.“ (F6 Experte Digitalisierung 00:04:34)

„Wenn solche Begriffe hochkommen, müssen wir relativ schnell prüfen, bringt es uns etwas, in welcher Form bringt es uns etwas, was nutzen wir davon. Da kriegen wir auch Vorgaben vom Unternehmen. Aber wenn es uns nichts nützt, so ist unser Weg, würden wir es auch sein lassen (...). Die Dinge entwickeln sich weiter und Industrie 4.0 hört nicht auf. Das Programm wurde aufgesetzt und jedes Jahr basteln wir daran. Es fing mit einer Technologie-Roadmap an und dann haben wir Leitbilder gemacht (F2 Experte Digitalisierung #00:08:55-6# und #00:30:37-6#)

Hinter der Bezeichnung Industrie 4.0 versammeln sich demnach in den untersuchten Betrieben digitalisierte Automatisierungen genauso, wie neue Produktentwicklungen oder neue Datenstrategien. Die befragten Akteure argumentieren, dass sie mit der Digitalisierung die Industriebetriebe die Transformation bewältigen können, um die Lücke zwischen Vergangenheit und Zukunft schließen.

Den Begriff Industrie 4.0 ergänzen die befragten Expert*innen in den Interviews mit weiteren Schlüsselbegriffen wie Digitalisierung, Automatisierung oder Vernetzung und verwenden diese teilweise synonym. Alle befragten Experten verdeutlichten, dass die Grenzen zwischen der Automatisierung der Produktionsprozesse und der Digitalisierung der Produktionssteuerung fließend und nicht mehr klar erkennbar sind. Sie sprechen von einer dezentralen Vernetzung über IoT als einer betrieblichen Datenstrategie, die zum Ziel hat, möglichst umfassend Produktionsdaten aus Maschinen und Anlagen

oder anderen Anwendungen zu generieren. Diese Datensammlungen bilden die Basis für feinabgestimmte Berechnungen zur Steuerung der direkten Produktion und der produktionsnahen Dienstleistungen.

„Wechselwirkungen sind da immer zwischen Automatisierung und Digitalisierung. Die Übergänge sind teilweise fließend. Wenn ich eine neue Automatisierungslinie oder was auch immer installiere, habe ich immer wieder einen Impact oder eine Verknüpfung rein in die Digitalisierung und umgekehrt.“ (F3 Experte Strategie Digitalisierung Betrieb A #00:43:05-9#)

Führungskräfte auf der Ebene der Gruppen- und Abteilungsleiter*innen nutzen den Begriff Industrie 4.0 oft, um die übergeordnete Strategie im Werk zu beschreiben, welche die Beschäftigten hinter den Veränderungen versammelt. Führungskräfte, die sich mit der strategischen Implementierung der technischen Seite von Industrie 4.0 befassen, verstehen den Begriff als einen *Trigger*, der Impulse für neue Veränderungsprozesse anstößt und bestimmte technische Einführungen erst ermöglicht.

„In den letzten Jahren hat der Druck abgenommen, das ist sehr positiv. Das heißt, wir sind weniger im Fire-fight-Modus. Wenn wir im Fire-fight-Modus sind, arbeitet für das Thema Digitalisierung kein Mensch mehr.“ (F3 Führungskraft, Betrieb A #00:46:08-0#)

„Industrie 4.0 ist ein Akzeptanzthema und der Mensch ist ein Gewohnheitstier, das darf man nicht unterschätzen (...) Hab ich 30 Jahre so gemacht, wieso soll ich das jetzt auf einmal nicht mehr mit ;nem Zettel und ;nem Rechner machen, sondern warum soll ich jetzt hier euer komisches Mobile Device verwenden? Da muss man am Ball bleiben und der stete Tropfen höhlt den Stein. Wichtig ist die Führungsmannschaft, die mit dem Projektteam zusammenarbeitet, um bei Mitarbeitern das Verständnis zu schaffen, aber dann auch einzufordern. Auch mal ,ne klare Kante zeigen, wenn man merkt, dass es vielleicht dann an der ein oder anderen Stelle nicht funktioniert.“ (F5 Führungskraft, Betrieb A #00:06:28-1#)

„Es ist nicht das Neuste vom Neuen, gibts schon ein paar Jahre, aber immer besser und immer feiner: da brauchst du nichts mehr verdrahten, wie früher, wo du noch Kabel geführt hast. Jetzt ist alles mit W-Lan. Es muss sich nur rechnen.“ (F3 Führungskraft, Betrieb A #00:30:05-3#)

Einige der befragten Führungskräfte betonen, dass die Einführung neuer Maschinen und Anlagen auf umfangreichen Berechnungen zur Kostenersparnis beruht, bei der die Kosten für die menschliche Arbeitskraft den Anschaffungskosten neuer Maschinen gegenübergestellt werden und auch zum Wegfall von Arbeit führen könnte.

Im Gegensatz zur dargestellten Sicht auf Industrie 4.0 nehmen die befragten Betriebsräte den Begriff Industrie 4.0 als ein *Buzzword* wahr, hinter dem sich ganz verschiedene Themen rund um die Digitalisierung versammeln. Auch bei Betriebsräten steht anfangs besonders der technische Veränderungsprozess im Vordergrund und sie deuten den Begriff Industrie 4.0 ebenfalls als einen *Transformationsprozess der Arbeit*. Betriebsräte betonen, dass es um Veränderungen geht, die eine Bereitschaft erfordern, sich auf neue Prozesse einzulassen. Ihnen geht es primär um die Gestaltung der Arbeit.

„Langfristig geht es darum, die Arbeitszeit und die Lebensarbeitszeit in Einklang zu bringen und die Vereinbarkeit im Lebensverlauf stärker zu berücksichtigen, weil die Leistungsfähigkeit unterschiedlich im Lebensverlauf und Lebensmodelle verteilt ist (...) Es gibt Unterschiede, ob der

Transformationsprozess auf dem Greenfield ist und eine neue Fabrik gebaut wird. Oder du kommst mit einer Idee, mit einer Vision, die anderen sagen alle, die da unten sich schon zwanzig Jahre damit beschäftigen: Geht nicht. Ja klar, bis du dann zeigst, dass es doch geht. Dieser Mut das umzusetzen, ist dieser Trigger. Und ich sage einmal, den Trigger, den wir hatten, ein paar von den alten Säulenfürsten da unten haben wir abgesägt. Und ich denke einmal, Personen, die dann einmal ein Ding angefasst haben, um einfach einmal den Zweiflern zu zeigen: Es geht. Ob es nun sinnvoll war oder nicht sinnvoll.“ (F5 Betriebsrat Betrieb A #00:21:54-1#)

In allen untersuchten Betrieben sind die Betriebsrät*innen einbezogen. Zum Ende der Studie hatte sich ein Konsens zwischen den Führungsebenen und den Interessensvertretungen eingestellt, dass es sich bei Industrie 4.0 um die Optionen zur Gestaltung des Wandels von Arbeit handelt und die Entwicklung von Konzepten, die die Beschäftigten vermehrt einbeziehen. In diesem Zusammenhang nutzen die Akteure eher den Begriff *Zukunft der Arbeit* (Jürgens et al. 2017), weil sie die Veränderungen der Arbeit nicht nur von einer technischen Seite begreifen, sondern Themen wie Arbeitszeitmodelle oder Qualifizierung mitbedenken. Auch über die lernförderliche Arbeitsgestaltung diskutieren anfangs v. a. sozialpolitische und gewerkschaftliche Akteur*innen (BMBF 2016: 27f.). Interessant sind die Aussagen einiger befragter Betriebsräte, denn sie erkennen nicht in jeder Investition und nicht in jeder Einführung neuer Anlagen eine Umsetzung von Industrie 4.0. Oft handelt es sich um nachgeholte Investitionen bzw. nachgeholte Anpassungen an den aktuellen Stand der Produktionstechnik oder um weiterentwickelte Varianten bestehender Systeme, die nicht zwangsläufig der Definition von Industrie 4.0 entsprechen. Teilweise handelt es sich um bestehende Systeme. Einige laufende Projekte wurden sogar nachträglich als *Smart Factory -Konzepte* umbenannt.

Aus Sicht von Beschäftigten gibt es in dieser Phase einen erhöhten Informationsbedarf, der verstärkt im Fallbetrieb A in den unterschiedlichsten Formaten aufgegriffen wurde. Parallel zu den Diskussionsrunden, in denen sich Führungskräfte über die neuen Entwicklungen austauschen, wurden vor allem übergreifende Austauschprozesse für Beschäftigte aus allen Funktionsbereichen organisiert. Im Zuge dessen entwickelten Vertreter*innen des Betriebsrates und der Personalabteilungen in kooperativer Zusammenarbeit mit Führungskräften und der Werksleitung ein übergreifendes Konzept für eine partizipative Werkskultur. Die Beschäftigten stehen der Industrie 4.0-Idee vorwiegend aufgeschlossen gegenüber und setzen sich teilweise auch kritisch mit der Einführung neuer Technologien auseinander. Dabei bemerken sie, dass nicht jede Neueinführung dem Konzept Industrie 4.0 zugerechnet werden kann.

„Nicht alle neuen Maschinen würde ich jetzt unbedingt in die 4.0 setzen. Weil die Maschinen grundsätzlich immer das gleiche machen, sie sind allerdings miteinander vernetzt. Und da fängt dann, finde ich, 4.0 an.“ (F6 Beschäftigte/r 2 Betrieb A #00:19:35-5#)

„Industrie 4.0 ist nicht die Maschine an sich, sondern eher die Vernetzung der Maschinen (...) die SMT-Bestückungslinien und die Schwallöt-Anlagen funktionieren im Großen und Ganzen immer noch so wie auch vor zehn Jahren, sind allerdings halt inzwischen vernetzter und kommunizieren mehr miteinander. Dadurch ist vieles einfacher. Schlechter ist dadurch jetzt nichts, außer es sind halt Störungen, die durch die Vernetzungen zustande kommen und anderes Wissen erfordern.“ (F6 Beschäftigte/r 1, Betrieb A #00:21:07-7#)

Alle befragten Personen stimmen darin überein, dass die Begrifflichkeiten eine treibende Kraft für betriebliche Veränderungsprozesse sind und eine neue Investitionsbereitschaft in den Betrieben erkennbar ist, die erst durch die Industrie 4.0-Debatte stimuliert wurde.

In dieser Orientierungsphase wird in den Betrieben oft die Entwicklung neuer Technologien seitens der Betriebe in Auftrag gegeben und nur in Ausnahmefällen findet die Entwicklung vor Ort statt (Betrieb A). In der Regel beauftragt das Management Startups mit der Entwicklung neuer Technologien. In den Aufträgen zur Entwicklung dieser Technologien lässt sich eine Fortsetzung von Rationalisierungsansätzen erkennen und die Betonung der technischen Möglichkeiten ist stark durch die Sicht der Entwickler*innen, Ingenieur*innen und des Managements geprägt.

Wie Betrieb A befinden sich auch die anderen untersuchten Betriebe anfangs in einer Orientierungsphase, in der es um die Klärung von Begrifflichkeiten geht. Anders als im vertieft untersuchten Betrieb A waren neben CPS bspw. auch Begriffe wie „Smart Factory“ vorherrschend, um damit den übergeordneten Ansatz zur Digitalisierung am jeweiligen Produktionsstandort zu beschreiben. Wie im Betrieb A gab es auch in den Ergänzungsstudien einen erhöhten Bedarf an Informationen über die neuen Technologien und viele Diskussionsrunden wurden initiiert. Der Austausch war besonders intensiv zwischen den Werksleitern und den Interessensvertretungen sowie zwischen Führungskräften. Übergreifende Informationsangebote für alle Beschäftigten gab es jedoch außer im Betrieb A kaum in diesem Ausmaß.

4.3.2.2 Experimentierphase

In der zweiten Phase geht es in allen untersuchten Betrieben um eine weitere Annäherung an die neuen technologischen Möglichkeiten. Im vertieft untersuchten Betrieb A ist die Experimentierfreude im Vergleich besonders hoch, gefolgt von den Betrieben C, D und B. In den Betrieben entstehen viele verschiedene Pilotprojekte in den jeweiligen Funktionsbereichen. Dabei handelt es sich oft um punktuelle Anwendungen innerhalb eng abgesteckter Bereiche im Betrieb, die eher nicht auf einen einmaligen Zeitpunkt festgelegt sind.

Von betrieblicher Seite befassen sich zunächst ausgewählte Beschäftigte auf Messen oder Veranstaltungen mit neuen Möglichkeiten der Technologien. In dieser Phase sind die Pilotprojekte mit arbeitsplatzspezifischen Einzelanwendungen dominant erkennbar. Die Experimentierphase der Betriebe bildet oft die Brücke zwischen dem Entwicklungsprozess und dem Einführungsprozess. In dieser Phase verdeutlicht sich auch, dass nicht alle neuen Technologien über Pilotprojekte hinaus Bestand haben oder dauerhaft implementiert werden. Mit dem Fortschreiten dieser zweiten Phase erfolgt die Einbindung der Beschäftigten, eine besondere Rolle spielt hier die betriebsinterne Informations- und Kommunikationspolitik. Für die Interessensvertretungen gibt es ganze Veranstaltungsprogramme bspw. bei der IG Metall, um über die Chancen und Risiken neuer Technologien aufzuklären und einen Raum für Austausch zu schaffen.

Anfangs erprobt insbesondere der vertieft untersuchte Betrieb A in einigen Abteilungen neue Technologien und innovative Ansätze zur Technikeinführung, wie die Portraits in diesem Kapitel eindrücklich gezeigt haben. Neu sind virtuelle Assistenzsysteme, mit denen Fachkräfte in der Instandhaltung ortsunabhängig die Beseitigung von Störquellen in der direkten Produktion anleiten. Die Anwendung soll Fachkräfte in der Instandhaltung oder in der Außenmontage in ihren typischen Arbeitsprozessen unterstützen. Vieles ist noch in der Entwicklung, dennoch erproben alle untersuchten Betriebe virtuelle Assistenzsysteme wie Wearables in diesem Bereich der Facharbeit. Während der Phase des Experimentierens sind oft technisch ausgebildete Fachkräfte speziell für die Pilotierung abgestellt, um in kleinen Teams die neuen Anwendungen parallel zum Produktionsalltag zu testen. Im Betrieb A und C sind das vorwiegend jüngere Fachkräfte, die sich freiwillig dazu bereit erklärt haben zu testen, inwieweit diese Anwendungen für eine Fernwartung geeignet sind oder sie auch die Fertigungsbeschäftigten in der selbstständigen Entstörung im Werk unterstützen könnten.

„Noch intuitiver. Heutzutage will keiner mehr eine Anleitung lesen. Das ist ein ganz großes Thema, was uns beschäftigt. Ergonomie und Bedienerfreundlichkeit. Wenn ich eine HoloLens hätte, die einfach nur mit meinem Handy, mit Blue-Tooth Connect funktioniert, dann ist die Akzeptanz doch ganz anders. Da würde jeder so ein Ding haben wollen, weil es einfach superschnell geht. Die setze ich mir auf und kann vielleicht sogar nebenbei eine MP3 hören und benutzte das einfach. Wenn die nicht gegeben ist, dann kommt die beim Mitarbeiter auch nicht an und hilft ihm auch nicht, weil wir ständig Störungen haben, und dann akzeptiert er das auch nicht. Es hilft auch nicht. Für die Bedienung in der Produktion muss man es einfacher machen“ (F6 Experte Digitalisierung #00:54:58#)

In allen untersuchten Betrieben war erkennbar, dass virtuelle Assistenzsysteme zur Störungsbehebung in Pilotprojekten umfangreich erprobt wurden, aber insbesondere bei diesen Pilotversuchen kam aufgrund technischer Unzulänglichkeiten und Grenzen keine Verstetigung zustande. Dafür gab es mehrere Faktoren, wie zum Beispiel eine instabile Netzabdeckung und die fehlende technische Verbindung von außen zum Werk, aber auch die Gestaltung der Funktionalitäten wurde von Beschäftigten nicht als benutzerfreundlich wahrgenommen. In den Betrieben wurde zudem viel über Kosten-Nutzen-Relationen³⁷ und über die Komplexität der Anpassungen auf die Bedürfnisse im jeweiligen Betrieb diskutiert. Einige Führungskräfte kritisierten, dass virtuelle Assistenten zu wenige bis gar keine Anwendungsbezüge für die betriebliche Praxis aufweisen und sich daher nur schwer durchsetzen. Im vertieft untersuchten Betrieb hatte diese Entscheidung zur Folge, dass neue Arbeitszeitansätze diskutiert und umgesetzt wurden, was das Privileg der Fachkräfte gefährdete, nicht in der Nachtschicht zu arbeiten und Unzufriedenheit bei Beschäftigten auslöste.

In allen Betrieben (A bis D) kommt es im Kontext von Industrie 4.0 zur Umsetzung vieler weiterer Pilotprojekte in der direkten Produktion und den produktionsnahen Dienstleistungen, aber auch in den administrativen Bereichen. Diese Projekte haben eine unterschiedliche Dauer.

³⁷ Anmerkung: Die Kosten-Nutzen-Verhältnisse sind oft von den Herstellern und Entwickler*innen von Wearables nicht bedacht und deshalb ist den Führungskräften, die über die Anschaffung entscheiden oft das Einsparungspotenzial unklar. Ein befragter Experte betont, dass aus den Maschinendaten nur bestimmte Parameter mit Analytics-Anwendungen für Szenarien ausgewertet werden und dies oft verzerrte Auswertungen sind.

„Unter diesem Stichwort RPA Robotic Process Automation, also Supermakros, wo dann Prozesse automatisiert sind. Klar, auch in der Fertigung werden Prozesse automatisiert. Wir haben ein fahrerloses Transportsystem, also so einen Transportroboter, nach einer einwöchigen Testphase super eingerichtet und hat gut funktioniert. Das heißt, solche Tätigkeiten wie: Ich bringe jetzt mal meinen abgearbeiteten Fertigungsauftrag siebzig Meter weiter durch die Halle und stelle den dort ab, das macht dann die Maschine.“ (F3 Experte Digitalisierung #00:47:49-0#)

Auch in den anderen Pilotprojekten testeten entweder freiwillige oder ausgewählte Beschäftigte neue technische Einzelanwendungen, um beim Arbeitshandeln herauszufinden, ob diese für den dauerhaften Einsatz in ihrem Arbeitsgebiet geeignet sind. Typischerweise sind in den Projekten agile Arbeitsweisen erkennbar, mit einer höheren Fehlertoleranz als in früheren Projekten. Es werden oft sogar ganze Musterarbeitsplätze oder kleine Laborinseln im Werk eingerichtet, um Anwendungsszenarien auszuprobieren und teilweise überschneiden sich ähnliche Pilotversuche. Feststellbar ist aber auch ein großzügiger Umgang mit Fehleinschätzungen.

„Die Sprints sind auch ein Stück weit transparenter für die Kollegen. Das ist manchmal schwierig, weil wir (...) ich mache eine cleane Teilfacette, was mal im Schnitt drei, vier Monate dauert. Das ist ja dann manchmal ein sehr überschaubarer Schritt. Das meinen wir mit dem Vorgehen besser darstellen zu können.“ (F3 Experte Strategie Digitalisierung #00:43:05-9#)

Im Vergleich zu früheren Technikeinführungen haben sich die untersuchten Betriebe stärker als zuvor vorgenommen, möglichst alle Beschäftigten einzubeziehen. Gerade im Betrieb A entstehen in dieser Phase flankierende kommunikative Kampagnen, die das Interesse für neue Technologien und Arbeitsweisen wecken sollen und den Beschäftigten einen Raum zum Ausprobieren schaffen. Zu Beginn des Veränderungsprozesses wurde das Thema *Der Mensch im Mittelpunkt* in verschiedenen Kampagnen kommunikativ aufbereitet und Beschäftigte aus verschiedenen Bereichen des Werkes wurden mit ihren Gesichtern auf Plakaten im Werk sichtbar und erhielten eine Stimme.

„Man schafft nicht nur, das Thema technisch-digital zu denken, sondern es geht darum, wirklich die Menschen noch mehr anzusprechen, ins Boot zu holen. (...) Aus allen Ebenen des Werks jemanden zu finden, und zwar freiwillig, die da mitmachen und wo die Leute einfach gesehen haben, das ist nicht irgendwie ein elitärer Zirkel, der in der Ecke sitzt und sich etwas ausdenkt. (F5 Betriebsrat Betrieb A #00:28:19-7#)

Die kommunikative Begleitung und damit die Einbindung der Beschäftigten ist besonders wichtig, denn in dieser Phase treten viele Widersprüche auf. Bei einigen Beschäftigten, die nicht stark eingebunden waren, führte das zu Frustrationserlebnissen im Vergleich zu stärker eingebundenen Beschäftigten. Bemerkenswert sind erhebliche Diskrepanzen zwischen den kommunizierten Zukunftserwartungen in der Orientierungsphase und dem reell eingelösten praktischen Nutzen der neuen Anwendungen. Beispielsweise zeigte sich, dass der betriebswirtschaftliche Mehrwert bei virtuellen Assistenzsystemen außerhalb von Pilotprojekten teilweise gar nicht oder nicht eindeutig erkennbar ist. Aus diesem Grund wurden solche Anwendungen weder in der Produktion noch in den produktionsnahen Dienstleistungen verstetigt.

Diese Phase des Experimentierens endet typischerweise mit einer Entscheidung für oder gegen die permanente Einführung der erprobten Technologien. Auch wenn die Anwender*innen, die die neuen Technologien erprobt haben, ihre Einschätzungen abgeben, sind sie nicht immer die letzte Instanz zur Entscheidung. Diese Entscheidungen basieren vorwiegend auf betriebswirtschaftlichen Überlegungen. Im Mittelpunkt stehen Argumente der Kosteneffizienz oder technische Unzulänglichkeiten.

In der zweiten Phase des Experimentierens entstanden auch in den ergänzend untersuchten Betrieben verschiedene Pilotprojekte in den jeweiligen Funktionsbereichen, die nicht auf einen einzelnen Zeitpunkt festgelegt waren. Kleine Teams aus technisch ausgebildeten Fachkräften testeten die Anwendungen parallel zum Produktionsalltag. Nicht in allen ergänzend untersuchten Betrieben gab es Musterarbeitsplätze oder kleine Laborinseln, sondern die Beschäftigten sind in andere Betriebe gefahren, um sich über die Entwicklungen zu informieren und sie auszuprobieren. Die Entscheidungen für oder gegen die permanente Einführung neuer Technologien waren identisch mit den Entscheidungen im vertieft untersuchten Betrieb; technische Unzulänglichkeiten oder Kosten-Nutzen-Überlegungen führten dazu, dass bestimmte Projekte nicht verstetigt wurden.

Die Befunde zeigten, dass besonders in den Experimentierphasen die Partizipation einen zunehmenden Stellenwert in allen Betrieben einnimmt. Entscheidend für die Gestaltung waren im Entwicklungsprozess die oft impliziten Leitbilder und Zuschreibungen von Technikentwickler*innen und Führungskräften zur Arbeit von Angelernten und Fachkräften. Eine frühzeitige Einbindung der Beschäftigten in die Experimentierphase wirkte sich aber positiv aus. Die befragten Experten und Führungskräfte in allen Betrieben betonen, dass sie im Kontext von Industrie 4.0 zunehmend auf die Einbindung achten und auch aus Sicht der befragten Betriebsräte gibt es viele Bemühungen, die Bereitschaft der Beschäftigten zu fördern, sich auf neue Prozesse einzulassen. Die Beschäftigten wurden nicht durchgängig von der Planung an einbezogen; je nach Typ der Technologie und je nach abteilungsspezifischer Führungskultur wurden im vertieft untersuchten Betrieb die Beschäftigten in einem sehr unterschiedlichen Maß einbezogen und konnten somit die Einführung neuer Technologien beeinflussen oder mitgestalten. Weiterhin waren die Beschäftigten auch nach der Einführung an Verbesserungsvorschlägen beteiligt.

„Es war einer der größten Fehler in der Vergangenheit, die Leute nicht mitzunehmen, sondern nach dem Prinzip zu kommunizieren "wir führen es jetzt ein und dann macht mal ", stellt ein Mitglied im Betriebsrat in der Reflexionsrunde fest und adressiert dies an den neuen Werksleiter. Im Nachgang wurden auf den mobilen Endgeräten sogenannte „Messenger-Dienste“ zur kollegialen Vernetzung eingerichtet, um die Akzeptanz positiv zu beeinflussen. Während der Pilotphase wurde eine vorläufige Betriebsvereinbarung für ein Jahr entwickelt, die mit dem Übergang in den Regelbetrieb verlängert wurde. Zentral ist eine Regelung für die Datenspeicherung auf den mobilen Endgeräten der Beschäftigten.

4.3.2.3 Verstetigungsphase

In der dritten Phase geht es in allen Betrieben nach der Experimentierphase um die eigentliche Einführung neuer Technologien und die Verstetigung der erprobten Technologien. Die Implementierung in die bestehenden Produktionsprozesse findet direkt im Arbeitsprozess statt. Eine Verstetigung der erprobten Technologien erfolgte nur dann, wenn der praktische Nutzen berechenbar war. Für diesen Umsetzungsschritt ist zentral für die Akzeptanz, ob sich die Funktionen der neuen Technologien in der Praxis bereits als nützlich erwiesen haben, denn dieser Einführungsschritt läuft nicht reibungslos ab. In allen untersuchten Betrieben wurde deutlich, dass die Implementierung neuer Technologien in die bestehenden Produktionsprozesse nicht reibungslos verläuft. In technischer Hinsicht besteht vor allem die Schwierigkeit, die neuen Systeme in bestehende Produktionsprozesse einzubinden oder mit bestehenden Schnittstellen in der Produktionssteuerung zu verknüpfen. Diese Herausforderungen der technischen Vernetzung beschreibt eine Person im vertieft untersuchten Betrieb und macht darauf aufmerksam, dass Verzögerungen auch aufgrund der Arbeitsorganisation entstehen, weil nicht alle Beschäftigten in der gleichen Intensität an der Einführung arbeiten (können).

„Das große Problem war, das in unser SAP, in unser Netz einzubinden. Eine externe Firma musste es programmieren für uns und dann mit unserer IT sprechen, dann mussten die das wieder weitergeben an eine externe Stelle, die es programmieren. Und da ging es hin und her und dann war das mit der externen Firma, mit unserer IT-Abteilung lief dann die Fehlersuche. Wo ist jetzt der Fehler, dass der Prozess so läuft, wie wir uns den vorstellen, und wie das auch für uns am einfachsten ist. Das größte Problem war eher, technisch das alles hinzubekommen, aber dann auch die Verfügbarkeit der Kollegen, Urlaub, krank usw. Dann die vielen Besprechungen, nicht alle waren immer verfügbar. So ging es immer hin und her. (F2 Beschäftigte/r 4 Betrieb A #00:05:02-9#)

Im Verlauf der Studie zeigte sich im vertieft untersuchten Betrieb A, dass Verstetigungen oft zuerst abteilungsspezifisch, also innerhalb der Abteilung, erfolgten und die Integration und Synchronisation mit anderen technischen Anwendungen erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgte, so dass erst am Ende der Studie eine Vernetzung und Synchronisation zaghafte sichtbar waren. Die Verstetigung einzelner abteilungsspezifischer Technologien dauert oft mehrere Monate, kann aber bei einigen Einführungen sogar mehrere Jahre dauern. Auch in den ergänzend untersuchten Betrieben war die Vernetzung erst zum Ende der Studie rudimentär erkennbar. In allen Betrieben wurde berichtet, dass eine Synchronisation mit anderen technischen Anwendungen eine größere Herausforderung ist und auch Anpassungen der abteilungsspezifischen Technologien an andere technische Bedingungen in der Betriebsinfrastruktur erfordert.

In der Verstetigungsphase wird auch deutlich, welche Technologien sich in den Betrieben verbreiten und welche im Status der Pilotprojekte verbleiben. Interessant ist, dass Technologien wie die virtuellen Assistenzsysteme für die Instandhaltung, die keine Weiterentwicklungen bestehender Systeme sind, im Modus der Pilotversuche bleiben und sich innerhalb des mehrjährigen Untersuchungszeitraumes in keinem der untersuchten Betriebe verstetigen. Es verstetigen sich vielmehr die mobilen Assistenzsysteme in den produktionsnahen Dienstleistungen, etwa zur Wartungsplanung (Betrieb A und C), so dass auf den mobilen Endgeräten automatisiert generierte Wartungspläne erstellt und eingesehen werden können.

Die datengestützte Wartungsplanung mit mobilen Endgeräten wie Tablets verstetigt sich zum Ende der Studie insbesondere im Betrieb C.

Trotz der Neueinführung arbeiten die Beschäftigten überwiegend an Vorgängerversionen der Maschinen und Anlagen weiter, um die Stabilität der Produktion sicherzustellen. Die Beschäftigten in der direkten Produktion montieren oder bestücken die Bauteile wie zuvor manuell oder geben Daten manuell in die Systeme der produktionsnahen Dienstleistungen ein. Im Verlauf der Studie zeigte sich aber, dass großflächige Anpassungen der Arbeitsorganisation erfolgten. Diese Anpassungen wurden von ausgewählten Fachkräften der Betriebe – meist hochqualifiziert – vorgenommen. Die Interessen der Beschäftigten an den Arbeitsplätzen werden zwar zunehmend abgefragt, setzen sich aber oft am Ende nicht durch.

Typisch für diese Phase waren Bestrebungen seitens der Betriebe, die Arbeitsorganisation an die neuen Bedingungen anzupassen und die Beschäftigten im Hinblick darauf zu qualifizieren. Die Qualifizierung der Beschäftigten stand im Betrieb A stark im Mittelpunkt und interne Programme wurden aufgesetzt. In dieser Deutlichkeit konnte dies für keinen der ergänzend untersuchten Betriebe rekonstruiert werden.

In dieser Phase nehmen die Beschäftigten im Produktionsalltag vermehrt die neu eingeführten Technologien wahr, auch wenn sie selbst nicht damit arbeiten. Daher steigt der Bedarf an Informationen rapide an und betrifft nicht nur das Wissen zur Nutzung und zur Bedienung. Hierin unterschieden sich die Betriebe gravierender. Im Betrieb A wurde der gestiegene Informationsbedarf in abteilungsübergreifenden Informationsformaten aufgefangen. In regelmäßigen Abständen fanden Informationsstunden statt, in der die Beschäftigten sich über neue Entwicklungen informieren konnten. Dazu gehörten verschiedene Veranstaltungs-, Workshop- und Messeformate, die den Beschäftigten intern angeboten wurden. Darüber hinaus wurden Artikel in Mitarbeiterzeitschriften und in internen Social-Media-Kanälen publiziert. Dabei ging es vordergründig darum, die Entwicklungen im Werk bekannt zu machen und nicht nur Schulungen zur Nutzung und Bedienung neuer Maschinen für ausgewählte Beschäftigte durchzuführen. In den ergänzend untersuchten Betrieben konnte diese Intensität der Kommunikation nicht rekonstruiert werden. Die Befragten der untersuchten Betriebe unterstrichen zwar die Wichtigkeit einer transparenten Kommunikation während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen, aber oft fehlte es entweder an Initiativen oder an innovativem und geschultem Kommunikationspersonal. Die enge Zusammenarbeit zwischen Betriebsrat und Personalabteilung war zudem in den ergänzend untersuchten Betrieben erkennbar.

4.3.2.4 Anpassungsphase

In dieser Phase steht die Gestaltung der Technik und der Arbeitsorganisation im Vordergrund. Gerade bei übergreifenden Anwendungen finden eher mehrfache Anpassungsschleifen statt. Diese Anpassungen liegen nicht allein auf der technischen Ebene, sondern sind auch auf der Ebene der Arbeitsorganisation erkennbar. Beispielsweise durch die Bildung neuer Teams mit neuen Aufgabenzuschnitten oder durch neue Arbeitszeitregelungen.

Ein Teil der Verstetigungsphase sind die intensiven Anpassungsleistungen, die in allen untersuchten Betrieben erforderlich waren. Diese Phase kann als eigenständige Phase gesehen werden und hier gibt es die meisten Abweichungen innerhalb der Betriebe und auch zwischen den Betrieben. In technischer Hinsicht beinhaltet das, die Technologien an die Bedingungen im Werk zu integrieren. Beschäftigte nahmen mitten in den Produktionsprozessen Anpassungsprogrammierungen vor Ort vor und beseitigten auftretende Störungen umgehend. Es geht in dieser Phase nicht nur um die Anpassung technologischer Prozesse, sondern auch um eine Anpassung der jeweiligen Organisationsstrukturen und -prozesse in den Betrieben. Abteilungsübergreifende Anpassungen waren großflächig angelegt und erforderten umfangreiche Restrukturierungen in der Arbeitsorganisation, um die Arbeitsabläufe mit dem eingeführten System zu synchronisieren. Die Anpassungsbemühungen hatten eine hohe Komplexität zu bewältigen und erforderten aufwändige Abstimmungen seitens der Beschäftigten. Hier zeigte sich durch den ausgedehnten Untersuchungszeitraum insbesondere, dass selbst nach umfangreichen Anpassungen die Technologieanwendungen auch am Ende der Studie nicht vollständig störungsfrei funktionierten und Beschäftigte neben ihren technischen Kompetenzen vor allem kommunikative Fähigkeiten als Schlüsselkompetenz erwarben.

Aus Sicht der Betriebsrät*innen aller Betriebe eröffnen sich in dieser Anpassungsphase gleichzeitig Chancen für die Beschäftigten. Es hat eine Diskussion über neue Arbeitszeitmodelle begonnen und über eine Teilhabe der Beschäftigten an einer *Automatisierungsdividende*, denn sie erwarten für die Zukunft eine Flexibilisierung der Personaleinsätze, aber auch eine Abnahme von Personal. In dieser Phase sind die Interessensvertretungen in Betrieb und C besonders aktiv, um befristete Pilotvereinbarungen z. B. für virtuelle Assistenzen wie Wearables zu verlängern, die zu Beginn aufgestellt wurden. In den Vereinbarungen ist zum Beispiel geregelt, dass „alle Mitarbeiter Stand keinen Entgeltverlust für die nächsten sechs Monate haben. Das ist alles abgesichert“ (Betriebsrat Betrieb B).

Aus Sicht der Betriebsräte ist das Verhalten von Führungskräften ein weiterer entscheidender Punkt für das Gelingen der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen. Digitalisierung sollte demnach intern nicht als Wunschdenken mit Basisgrößen wie Auftragsvolumen, Personalstand und Qualitätsanforderungen kommuniziert werden. Führungskräfte müssen oft erstmal lernen, bis nach unten durchzudenken und nicht nur heile Welt zu verkaufen. Das setzt die Bereitschaft voraus, Fehler zuzugeben oder eigene Unwissenheit zuzulassen.

Die Anpassungen im tiefergehend untersuchten Betrieb (A) ziehen sich durch alle Phasen und werden von einer transparenten Informations- und Kommunikationspolitik flankiert. Aus Sicht der Führungskräfte wird der Punkt oftmals von allen unterschätzt, kommt aber on top zum Tagesgeschäft. Besonders in der oft problembehafteten Anpassungsphase geht es ihnen deshalb verstärkt darum, den Nutzen der Anwendungen aufzuzeigen sowie Akzeptanz und Verständnis für mögliche Probleme bei der Anpassung zu schaffen. Aus Sicht der befragten Führungskräfte ist aber nicht allein eine *Top-Down-Kommunikation* oder mehr Einbindung der Beschäftigten gefragt. Die Führungskräfte sehen in dieser Herangehensweise vor allem die Herausforderung, dass angesichts der alternden Belegschaft die Beschäftigten nicht gewohnt sind, dies zu tun und es hier Überzeugungsarbeit braucht.

Die Betriebsräte übernehmen in Kooperation mit anderen Akteuren der Werke auch neue Aufgaben mit der Einstellung „wir gestalten das zusammen“. Um bei neuen Themen mitreden zu können und den Diskurs mitzubestimmen, geht es ihnen darum, die neuen Prozesse der Digitalisierung zu verstehen. Die IG Metall-Initiativen halten viele Angebote bereit.

Im Werk A gibt es Betriebsräte, die durch die Abteilungen gehen und die Beschäftigten ermutigen: „Hier, komm mal von deiner Maschine weg und jetzt nimm dir mal fünf Minuten und schau dir diese Technologie an und sag mal, was du dazu denkst.“ Das Vorgehen ist beliebt, gerade weil viele neue Anwendungen gleichzeitig eingeführt werden. Es gibt Angebote zur übergreifenden Information in Form von Infopoints im Werk oder eine sogenannte digitale Stunde, wo es die Möglichkeit gibt, bestimmte Anwendungen auszuprobieren und in einen direkten Austausch zu gehen, der nicht auf den direkten Kreis der Kolleg*innen beschränkt bleibt. Das fördert in vielen Fällen die Akzeptanz der Beschäftigten gegenüber neuen Technologien und baut über den abteilungsübergreifenden Austausch Hindernisse ab.

Aus Sicht der Beschäftigten ist die Anpassungsphase eine der schwierigsten. Sie erleben die neuen Anwendungen als komplexe Herausforderung. In ihrem Arbeitshandeln sind sie von den Störungen und Arbeitsunterbrechungen betroffen, die aufgrund der schwierigen Synchronisation mit bestehenden Schnittstellen entstehen. Außerdem erleben sie im Zuge der Einführung digitaler Technologien im Kontext von Industrie 4.0 erforderliche Anpassungen in der Arbeitsorganisation.

4.3.3 Veränderte Anforderungen an die Beschäftigten

Zur anfangs aufgeworfenen Frage, welche neuen Anforderungen aus der Einführung neuer Technologien für verschiedene Industriebeschäftigte entstehen, kann in den vorliegenden Befunden – ähnlich wie in anderen arbeitssoziologischen Studien – kein genereller Trend zum Upskilling allein aus der Einführung neuer Technologien abgeleitet werden. In allen vier untersuchten Fallbetrieben der Metall- und Elektroindustrie zeigten sich veränderte Anforderungen, die auch mit der jeweiligen Arbeitsorganisation in den Betrieben und Anpassungen in der Arbeitsteilung zusammenhängen.

In den jeweiligen Funktionsbereichen der untersuchten Betriebe setzen sich vergleichbare Anwendungen durch, die in ihrer Funktionalität oft der Logik der jeweiligen Arbeitsprozesse folgen. So trifft die Automatisierung insbesondere auf repetitive Arbeitsprozesse in der direkten Produktion und in der produktionsnahen Dienstleistung. Im Detail deuten sich eher komplexe Zusammenhänge an, zum Beispiel im Hinblick auf die Anpassungen in der Arbeitsorganisation und im Hinblick auf die Qualifizierung der Beschäftigten. In den untersuchten Betrieben sind heterogene Arbeitsgestaltungsansätze erkennbar, die sich an arbeitspolitischen Leitbildern orientieren und die Technikeinführung in Betrieben strukturieren. Da dieser Prozess der arbeitsorganisatorischen Ausgestaltung maßgeblich durch menschliche Akteure bestimmt wird, sind vor allem Abweichungen in den Interessensunterschieden erkennbar.

In den vorliegenden Befunden gibt es Hinweise auf widersprüchliche Tendenzen und Entwicklungen. Im analytischen Vergleich zeigte sich, dass die größten Abweichungen in den veränderten Anforderungen vordergründig weniger zwischen den Betrieben erkennbar waren, sondern eher zwischen den Qualifikationsgraden der Beschäftigten und ihren jeweiligen Arbeitsbedingungen. Zwar gehen mit einigen eingeführten Technologien Entlastungen oder Aufwertungen der Arbeitsaufgaben einher, aber diese Tendenz trifft nicht auf alle Beschäftigtengruppen gleichermaßen zu.

4.3.3.1 Anstieg der Anforderungen und Ausdehnung der Handlungsspielräume

Ein erkennbarer Anstieg der Anforderungen ist bei allen Beschäftigtengruppen besonders im Einführungsprozess neuer Technologien erkennbar, weil Betriebe zeitnah an verschiedenen Stellen eines Betriebes neue Technologien testen bzw. diese implementieren. Mit zunehmender Verstetigung zeigt sich aber besonders bei technisch ausgebildeten Fach- und Führungskräften vordergründig ein Upskilling im direkten Arbeitshandeln.

„Wichtige Fragen sind bei uns: Welche Skills und Kompetenzen brauchen wir dafür? Was ist gesucht? Man muss sich neu orientieren. Das Adaptieren aus Vergangenheit funktioniert nur begrenzt. Wie stellen cross-funktionale Teams zusammen, die sich mit den neuen Themen beschäftigen. Da gibt es eine Menge Upskilling.“ (F1 exploratives Interview mit Betriebsrat zu Industrie 4.0 und Qualifizierung bei Fachkräften, 2017)

Für die zunehmende Komplexität, die weniger aus der Einführung abteilungsspezifischer Technologien entsteht, sondern aus deren Vernetzung, ist technisches Programmierwissen und übergreifendes Prozesswissen erforderlich. Die eingeführten Technologien in der direkten Produktion und in den produktionsnahen Dienstleistungen erfordern oft eine besondere Qualifikation. Diese ermöglicht es, die Steuerung der hochautomatisierten Maschinen und Anlagen sowie die Programmierungen oder die Datenauswertungen fachgerecht durchzuführen. Für das Arbeitshandeln in der Maschinen- und Anlagenbedienung in der direkten Produktion wie auch in der Instandhaltung oder im Prüffeld stehen den Beschäftigten vermehrt maschinengenerierte Informationen zur Verfügung. Zunehmend sind hier v. a. Datenanalysekompetenzen erforderlich. Diese Tendenz ist aber nicht durchgängig, sondern bezieht sich auf bestimmte Teilbereiche des Tätigkeitsspektrums. Arbeitskräfte sind deshalb – wie in der Ausführung von Reparaturtätigkeiten – weiterhin auf ihr Erfahrungswissen angewiesen. Dennoch zeichnen sich auch bei Fachkräften Verschiebungen von subjektivierenden Anteilen im Arbeitshandeln hin zu mehr Objektivierung deutlich erkennbar ab. (Vgl. Kap. 2 These Subjektivierung und Objektivierung).

Im vertieft untersuchten Betrieb und in den Ergänzungsstudien ist an der Nutzung mobiler Assistenzsysteme erkennbar, dass sich aus dem Anstieg der Anforderungen durch die Einführung neuer Technologien anderweitige Veränderungen ergeben können. Am Beispiel der mobilen Assistenzsysteme für technisch ausgebildete Fach- und Führungskräfte zeigte sich, dass sich diese auf die Organisation von Arbeit standardisierend auswirken. Teilweise verengten und erweiterten sich die Handlungsspielräume damit aus Sicht der Beschäftigten gleichzeitig. Eine Erweiterung trat ein, weil die Komplexität durch die

Systeme reduziert wurde und die Entscheidung zur Steuerung hochkomplexer Produktionsprozesse leichter gelang. Mit den mobilen Assistenzsystemen konnten die Beschäftigten im Arbeitsprozess flexibler reagieren und hatten direkt vor Ort relevante Informationen wie Wartungspläne oder frühere Störprotokolle digital zur Hand. Die Art der Techniknutzung bleibt aber nicht auf den direkten Arbeitsprozess begrenzt und hat somit auch das Potenzial, eine Entgrenzung von der Arbeitszeit zu fördern, weil bereits auf dem Weg zur Arbeit der Auftragsstatus abgerufen wird oder die Dokumentation von unterwegs bzw. zu Hause erfolgt oder ähnliches. Eine Verengung trat durch die Standardisierung der Arbeit ein. Am Beispiel der Organisation von Wartungsaufträgen mit mobilen Assistenzsystemen in der Instandhaltung zeigte sich, wie eng die Fachkräfte die standardisiert vorgegebenen Abfolgen im Arbeitsprozess einhalten mussten, was vor allem zur Unzufriedenheit bei Fachkräften führte. Für das Arbeitshandeln der Beschäftigten bedeuten diese Systeme eine neue Form der Arbeitsorganisation, weil bspw. die Wartungsaufträge in der vorgegebenen Abfolge abgearbeitet werden müssen und die Beschäftigten keinen Einfluss mehr auf die Reihenfolge der Bearbeitung der Aufträge haben. Zum Ende der Studie nahmen jedoch die Beschäftigten die mobilen Systeme stärker als eine Entlastung für ihre Arbeit wahr, weil die hohe Komplexität der Vorgänge reduziert wurde. Gleichzeitig erfolgte eine Flexibilisierung der Arbeit, weil die Auftragsabwicklungen und die Dokumentationen schneller, leichter und ortsungebunden durchgeführt werden konnten.

Im ergänzend untersuchten Betrieb C zeigte sich eine ähnliche Tendenz beim Einsatz mobiler Assistenzsysteme bei Fachkräften in der Außenmontage. In diesem Bereich arbeiten ausgebildete Fachkräfte mit viel Erfahrungswissen und die Anforderungen sind nicht vergleichbar mit denen der Werksmontage, sondern am ehesten mit denen von Instandhaltungskräften in den anderen Betrieben. Die jüngeren Beschäftigten haben in der Regel eine 3,5-jährige Ausbildung in Mechatronik und erfahrene Beschäftigte Schwerpunkte wie Mechanik und Elektrik/Elektronik.³⁸ Die Arbeit erfordert viel fachliches Wissen über Baugruppen, Komponenten und komplexe mechatronische Steuerungssysteme. Die Beschäftigten bauen elektrische, pneumatische oder hydraulische Steuerungen in vorgegebene Systemkabinen ein. Seit einiger Zeit programmieren sie die Installation, vernetzen sie vor Ort mit anderen bestehenden Systemen und benötigen dafür mehr IT-Wissen. Zudem ist überdurchschnittlich viel Mobilität von den Beschäftigten im Außendienst gefragt, denn für die Installation der Steuerungssysteme fahren sie in regelmäßigen Abständen an verschiedene Orte im europäischen Raum und müssen regelmäßig mit wechselnden Bedingungen für die Ausführung der Montage umgehen. Der mobile Einsatz erfordert aus Sicht der Beschäftigten eine erhöhte Flexibilität, denn bei jedem Serviceeinsatz gibt es eine variable Infrastruktur für die Installationsaufträge. Für die Organisation der Aufträge kommen mobile Assistenzsysteme zum Einsatz, die Aufträge per App organisieren. Das erfordert ein grundlegendes Bedienerwissen. Die Beschäftigten sollen zukünftig mit mobilen Endgeräten noch einen virtuellen Zugriff (mit Wearables) auf die Aufgaben und Anweisungen wie etwa Schaltpläne erhalten. Insbesondere in der Außenmontage (Betrieb C) ist die Akzeptanz für diese Systeme hoch, weil

³⁸ Anmerkung: Nach der zweijährigen Grundausbildung in einer Lehrwerkstatt, die oft mit Partnerinstitutionen verbunden ist, kommen die Auszubildenden ins Werk. Im Werk werden den Auszubildenden Fachkenntnisse vermittelt, die für die Montage und Inbetriebnahme moderner Aufzugsanlagen erforderlich sind. Im Laufe der praktischen Ausbildung durchlaufen die Auszubildenden mehrere Lehrgänge in werkseigenen „Montage-Trainings-Centern“ vor Ort.

bestimmte Wege zurück zum stationären PC genauso entfallen wie die seitenlangen Pläne aus Papier, die im Außeneinsatz oft gestört haben. Da dieser Vorteil überwiegt, werden die standardisierten Planungen der Wartungseinsätze in der Außenmontage von den Instandhaltungskräften nicht nur als negativ wahrgenommen.

4.3.3.2 Rückgang der Anforderungen und Verengung der Handlungsspielräume

In allen untersuchten Betrieben gab es Hinweise darauf, dass sich die Automatisierung auch in solche Arbeitsbereiche ausdehnt, die bisher von manuellen Arbeitsprozessen geprägt waren. Mit den technischen Weiterentwicklungen in der direkten Produktion und in der produktionsnahen Dienstleistung ist deutlich erkennbar, dass auch an den hochautomatisierten Maschinen und Anlagen weiterhin die Notwendigkeit besteht, neue Materialien manuell nachzurüsten oder die Anlagen bei veränderten Auftragslagen manuell umzurüsten. Diese manuellen Arbeitsschritte verringern sich aufgrund von algorithmisch berechneten Produktionsprozessen nach Ansicht der Experten und Beschäftigten jedoch in Summe. Manuelle Arbeit bleibt aber auch trotz hochautomatisierter Maschinen und Anlagen erhalten. Allerdings sind es oft Aufgaben, die aus *Automationslücken* entstehen und von Angelernten ausgeführt werden. Für die Ausführung solcher Arbeitsschritte stehen den Beschäftigten stationäre Assistenzsysteme zur Verfügung. Die Anleitungen in den Systemen geben den Beschäftigten bis ins kleinste Detail die Vorgehensweisen vor. Diese Assistenzsysteme können hilfreich für Leihkräfte sein, die zügig eingearbeitet werden sollen, oder für einen häufigen Wechsel der Aufträge bei hoher Produktdiversität. In der Montage und Bestückung, aber auch in der Intralogistik arbeiten formal gering qualifizierte Beschäftigte. Die überwiegende Mehrheit dieser Beschäftigtengruppe arbeitet seit vielen Jahren in der Montage, in der Bestückung oder in der Logistik und verfügt deshalb über viel Erfahrungswissen und über eigens entwickelte Handlungsroutinen im Arbeitsprozess. Diese Assistenzsysteme begünstigen daher für diese Gruppe eine Verengung der Handlungsspielräume und eine Entwertung des Erfahrungswissens. Diese Entwicklung trifft vorwiegend auf formal gering qualifizierte Beschäftigte zu. Der Wegfall bestimmter Arbeitsschritte kann zwar als entlastend wahrgenommen werden, aber langfristig liegt darin ein Risiko für Beschäftigungsabbau. Die befragten Interessensvertretungen und Expert*innen für die Qualifizierung betonen hierbei die zentrale Rolle arbeitsorganisatorischer Konzepte (wie Rotation) und die Relevanz der qualifikatorischen Ansätze, mit denen diese Entwicklung abgemildert werden könnte.

Mit einigen eingeführten Technologien gehen wie erwartet Entlastungen im Arbeitshandeln einher. Gleichzeitig zeichnet sich mit der verstärkten Tendenz zur Automatisierung in der direkten Produktion und in den produktionsnahen Dienstleistungen ein leichter Rückgang manueller Arbeitsschritte ab. Die erhöhte Datenverfügbarkeit führt darüber hinaus stärker als zuvor zur datengetriebenen Produktionsplanung, die sukzessive weniger manuelle Umrüstungsvorgänge erfordert.

„Mit der Hand oder auch eingetippt, wenn irgendwie mal etwas nicht gelesen werden konnte oder auch jeder Mitarbeiter einen Scan machen wollte. Jetzt macht er es halt mit einem Scan automatisch, dass er alle Barcodes gleich liest und in das richtige Feld einträgt. Es geht schneller. Und in dem alten Prozess konnte man ja trotzdem einen Wert in ein Feld scannen, der eigentlich da nicht hingehört. Das ist eine Fehlerminimierung dadurch. Da kann man ganz anders handeln. Dadurch, dass der Tisch auch

höhenverstellbar ist, ist da auch so eine kleine Flexibilität in der Bewegung mit dabei. Das ist erstmal positiv. (F2 Logistik 3 #00:06:05-6#)

Angelernte Beschäftigte führen entweder Resttätigkeiten aus oder nutzen bei Produktionsspitzen an sogenannten Back-up-Arbeitsplätzen stationäre Assistenzsysteme. Diese Art der Assistenzsysteme begünstigt allerdings eine weitere Standardisierung der Arbeit. Die Arbeitsprozesse sind in technologische Anwendungen implementiert und geben Arbeitsanleitungen bis ins kleinste Detail vor. Wenn die Arbeitsschritte standardisiert und detailliert vorgegeben sind, benötigen Beschäftigte viel weniger Erfahrungswissen im Arbeitsprozess als zuvor und Abweichungen von den Vorgaben sind für Dritte nachvollziehbar. Kritik an der Fremdsteuerung im Arbeitsprozess kommt in den Interviews nur indirekt zum Ausdruck, weil die wenigsten der Befragten regelmäßig in dieser Weise über die eingeführte Technik reflektieren. Kritik entsteht am ehesten bei erfahrenen Beschäftigten. Sie sind nicht (mehr) so technikeuphorisch (Hirsch-Kreinsen, 2016a), weil sie über mehrere Jahrzehnte immer wieder mit neuen Technologien oder der Einführung neuer Arbeitsweisen konfrontiert waren und sich Erwartungen ausgedehnter Handlungsspielräume nur unzureichend erfüllt haben. Führungskräfte führen das auf „wenig Technikaffinität“, „Unwillen“ oder „Gewohnheiten“ seitens der Beschäftigten zurück, was teilweise bereits in der Gestaltung der Technik liegt.

Mit der Einführung neuer Technologie zeigt sich gerade bei Angelernten eine tendenzielle Abwertung des Wissens für das Arbeitshandeln (Deskilling). Die befragten Experten, Führungskräfte und Betriebsräte sind sich einig darin, dass sich negative Auswirkungen für die Arbeit ergeben. Es gibt wenig neue Anforderungen im Arbeitsprozess. Ganz im Gegenteil, denn gerade am Beispiel der stationären Assistenzsysteme in der Montage und mobilen Assistenzsysteme in der Logistik zeigen sich sogar gegenläufige Tendenzen im Hinblick auf die bisherigen Anforderungen im Arbeitsprozess. Die abnehmenden Anforderungen entstehen aufgrund einer Standardisierung des Arbeitswissens für den Arbeitsprozess. Im System ist bis ins kleinste Detail eine Standardisierung der Handlungsabfolgen eingeschrieben, das lässt wenig Platz für „subjektiverende Aspekte des Arbeitshandelns“ (Böhle 2021; Böhle und Milkau 1988; Bauer u. a. 2006).

Der Rückgang manueller Arbeit ist bei angelernten Beschäftigten feststellbar, auch wenn einige manuelle Arbeitsschritte trotz hochautomatisierter Maschinen und Anlagen erhalten bleiben. Aus Beschäftigtensicht wird dies teilweise als entlastend wahrgenommen. Hierin liegt dennoch langfristig das Risiko, dass ein schleichender Beschäftigungsabbau zu lange ignoriert und somit die Gestaltung verzögert wird.

Im Rückgriff auf das Modell zum subjektivierten Arbeitshandeln, wie es im Kapitel 2 vorgestellt wurde, ist eine Abnahme subjektiver Anteile und eine Abnahme rationaler Aspekte im Arbeitshandeln bei Beschäftigten erkennbar. Der eine Aspekt wird nicht mehr benötigt und der andere ist ins System eingeschrieben. Mit neuen Varianten von Assistenzsystemen ergibt sich eine Tendenz zum Deskilling. Für den Teil der Industriearbeit, der von formal geringqualifizierten Beschäftigten ausgeführt wird, setzen betriebliche Gestaltungsprozesse an den Formen der Arbeitsteilung und Kooperation unter den

Beschäftigten an und geben den Beschäftigten Wahlmöglichkeiten in der Zuordnung der täglichen Arbeitsaufgaben. Dies wurde von Beschäftigten als Wertschätzung und leichte Ausdehnung der Handlungsspielräume wahrgenommen.

Im vertieft untersuchten Betrieb A wurde zu Beginn der Umsetzung von Industrie 4.0 erkannt, dass es sich dabei um einen komplexen und dynamischen Veränderungsprozess handelt, bei dem es nicht allein um technische Themen geht. Die Beschäftigten setzten sich mit den neuen Möglichkeiten im Kontext von Industrie 4.0 auseinander und benötigen zunehmend in unterschiedlicher Weise ein technisches Grundverständnis für die Ausführung ihrer Arbeitsschritte. Nicht alle Veränderungen sind ausschließlich auf die Technik zurückzuführen. Es zeigte sich, dass neue Teamkonstellationen und agile Arbeitsweisen ebenso Einfluss haben wie die stärker digitalisierte Kommunikation, die für die zunehmenden Abstimmungen erforderlich ist. Außerdem haben die Beteiligungsstrukturen Einfluss auf die Akzeptanz und die Nutzung der neueren Technologien. Im Betrieb A gab es vielseitige individuelle und teamförmige Beteiligungsformen in allen Abteilungen.

Die ergänzenden Untersuchungen in den Betrieben B-D zeigten ebenfalls, dass neue Technologien in allen Funktionsbereichen der direkten Produktion und der produktionsnahen Dienstleistungen mit einem unterschiedlichen Tempo eingeführt wurden. Die erhöhte Datenverfügbarkeit verstärkt zusätzlich die Automatisierung und Vernetzung in den Betrieben, was sich auf die Anforderungen an die Beschäftigten auswirkt.

Die befragten Experten, Führungskräfte und Betriebsräte sind sich einig darin, dass sich negative Auswirkungen für die Arbeit am ehesten für Angelernte ergeben können.

„Menschenleer ist Blödsinn, sie werden vielleicht menschenärmer, das ist keine Frage. Es macht auch vielen Leuten keinen Spaß, über Jahrzehnte nur Gehäuse zusammen zu nageln, auch den Shopfloor-Mitarbeitern nicht. Mit Einführung digital gesteuerter Roboter-Manufacturing Leute, auch ältere Leute, die kurz vor der Pension stehen, aber sie sagen klasse und haben da Spaß dran usw. Klar, es wird am Ende weniger sein, die die reinen handwerklichen Tätigkeiten dann vollführen, logisch.“ (F3 Experte Strategie Digitalisierung #00:55:55-2#)

„Es wurden Ideen gesammelt, der Betriebsrat hat gleichzeitig noch Bedenken gesammelt. Das war ganz cool und das machen wir immer mal wieder bei fast allen Themen. Ob es jetzt kollaborative Roboter sind, die in die Fertigung kommen, ob es jetzt unser firmeneigenes System ist, was wir einführen. Da haben wir jetzt einen bestimmten Standard festgelegt, wie so etwas zu sein hat, dass der Mitarbeiter sich nicht irgendwo verloren fühlt. Im Prinzip war das gut. Also das war wirklich, wie so ein Betriebsrat arbeitet. Das ist immer so eine Sache für sich, wie er sich dann aktiv einbringt, also der ist ja immer gerne Teil und sagt was, aber Aufgaben übernehmen ist immer so hm eine kritische Sache. Das hat nicht so gut funktioniert, muss ich sagen. Aber am Ende haben wir gemeinschaftlich was gemacht und das war auch immer gut.“ (F2 Experte Digitalisierung extern #00:56:40-6#)

„Bei der Eingruppierung gibt es Gesprächsbedarf. Dem Mitarbeiter wird das einfacher gemacht, der kriegt eigentlich eine Entlastung, aber möchte ja nicht auf einmal weniger Geld verdienen, nur weil die Arbeit einfacher wird. Das geht auch nicht, weil die Leute mit ihrem Gehalt geplant haben. Man plant selten damit,

dass das Gehalt in den nächsten Jahren weniger wird. Und Arbeitssicherheit ist auch immer mitaufgeführt. Das sind so Sachen, die haben wir einfach schon immer gut mitdiskutiert. Aus den Erfahrungen leiten wir ab, worauf müssen wir achten, wie müssen wir die Beschäftigten schulen.“ (F2 Experte Digitalisierung extern #01:00:24-2#)

Die Mehrheit dieser Beschäftigtengruppe in allen Betrieben arbeitet seit vielen Jahren vor Ort und verfügt deshalb über viel Erfahrungswissen und über eigens entwickelte Handlungsabfolgen im Arbeitsprozess. Assistenzsysteme, die standardisierte Handlungsabfolgen vorgeben, sind problematisch für die Arbeit der Angelernten in der direkten Produktion und den produktionsnahen Dienstleistungen. Sie begünstigen eine Verengung der Handlungsspielräume und eine Entwertung des Erfahrungswissens bei Angelernten und öffnen die Tür für eine Verbilligung der Arbeit durch einen permanenten Leihkräfteeinsatz. Assistenzsysteme sind zwar für das Anlernen industrieunerfahrener Beschäftigter, die neu in die Abteilung kommen, durchaus sinnvoll, denn sie erleichtern die Einarbeitung in neue Aufgabengebiete. Problematisch kann aber eine Standardisierung und Verkürzung der Anlernzeiten sein. Aus Sicht der befragten Betriebsräte begünstigen insbesondere die Assistenzsysteme eine Entwertung des Erfahrungswissens bei längerfristig tätigen Beschäftigten, was zur Verbilligung von Arbeit durch den Einsatz von Leihkräften führen könnte. Für Leihkräfte eröffnen sich zwar auf dem ersten Blick Chancen, aber derzeit fehlen die Aussichten auf eine Festanstellung. Die befragten Interessensvertretungen und Experten für Qualifizierung unterstreichen deshalb die Rolle arbeitsorganisatorischer Konzepte wie etwa eine Anreicherung der Tätigkeiten durch Rotation o. ä. und sehen in qualifikatorischen Ansätzen die Chance, eine tendenzielle Entwertung abzumildern. Außerdem versuchen sie durch neue Aushandlungs- und Mitbestimmungsansätze eine Entwertung der Entlohnung zu verhindern. Die Befunde zeigen, dass sich die Versprechungen zur Aufwertung der Arbeit, die mitunter in Industrie 4.0-Ansätzen hochgehalten werden, nicht für alle Beschäftigtengruppen erfüllen.

4.3.3.3 *Polarisierung in Industriebetrieben*

Industrie 4.0 betrifft alle Beschäftigten, allerdings in einer sehr unterschiedlichen Art und Weise. Die Untersuchung zeigt, dass in den einzelnen Abteilungen der direkten Produktion und der produktionsnahen Dienstleistungen verschiedenartige abteilungsspezifische Technologien mit einem unterschiedlichen Tempo eingeführt wurden. Zusätzlich zur erhöhten Datenverfügbarkeit in der direkten Produktion und bei den produktionsnahen Dienstleistungen führt dies zu einer verstärkten Automatisierung und Vernetzung. In der Konsequenz entstehen veränderte Anforderungen an die Beschäftigten, die sich in den untersuchten Betrieben als *Polarisierung der Anforderungen* beschreiben lassen, die sich im Laufe der unterschiedlichen Phasen des Einführungsprozesses wandeln. Gerade in der Orientierungsphase und in der Experimentierphase erhöhen sich auf den ersten Blick bei allen Beschäftigtengruppen im vertieft untersuchten Betrieb A die Anforderungen. Im Verlauf der Untersuchung zeichnen sich mit dem erhöhten Vernetzungsgrad aber auch gegenläufige Tendenzen ab.

Wie in Betrieb A sind in den ergänzend untersuchten Betrieben ähnliche Tendenzen polarisierender Entwicklungen im Hinblick auf die Anforderungen in der direkten Produktion und bei den

produktionsnahen Dienstleistungen erkennbar. Mit der Einführung neuer Technologien ist eine Standardisierung der Arbeitsprozesse insbesondere in den Bereichen erkennbar, in denen Beschäftigte ohne oder mit geringer formaler Qualifikation arbeiten. So zeigen sich im Detail problematische Tendenzen im Zeitverlauf. Zu einem Anstieg der Anforderungen kam es für einige Beschäftigtengruppen zum Beispiel aufgrund der erforderlichen Programmierkenntnisse zur Steuerung der hochautomatisierten und vernetzten Anlagen. Zu einer Verringerung der Anforderungen kam es bei Beschäftigten, weil manuelle Handgriffe wegfallen.

Zusätzlich zeigt sich im Betrieb B durch den Einsatz mobiler Assistenzsysteme in der Fertigung eine vermehrte Standardisierung der Arbeitsorganisation. Die Beschäftigten stimmen sich nicht wie in Betrieb A individuell und persönlich vor Schichtbeginn über den Arbeitseinsatz ab, sondern ein automatisiertes und vernetztes System weist den Beschäftigten die Arbeitsaufträge direkt zu und schränkt damit die bereits verringerten Entscheidungsspielräume der Beschäftigten zusätzlich ein. Dieser Aspekt wird aus Sicht der Beschäftigten ambivalent wahrgenommen, denn einerseits empfinden sie das als Erleichterung, aber andererseits nehmen sie einen Wegfall der selbstbestimmten Arbeitsorganisation wahr. Das Erfahrungswissen zur Organisation der Arbeitsaufträge ist nun durch die technischen Anwendungen vollständig vorgegeben.

In den vorliegenden Befunden zeigt sich, dass die Entscheidungsspielräume mit der betrieblichen Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen in den untersuchten Betrieben nicht durchgängig ausgedehnt wurden. Der Wegfall einiger Handlungsspielräume im Arbeitsprozess konnte aus Sicht der Beschäftigten zwar durch die Art und Weise der arbeitsorganisatorischen Prinzipien (z.B. Rotation) wieder etwas ausgeglichen werden. Es zeigt sich aber, dass die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten einen großen Einfluss auf das Erleben der Beschäftigten zur Folge hat und nicht die technischen Konzepte allein. Das stützt die Befunde anderer arbeitssoziologischer Studien (Hirsch-Kreinsen 2016a, 2018). Beides – Technik und Organisation – ist ein wesentlicher Teil, den Beschäftigte als Arbeits- und als Lernbedingung wahrnehmen. Eine zentrale Rolle spielt daher die konkrete Auslegung der Technik und die konkrete Gestaltung der Arbeitsorganisation für die Gestaltung arbeitsbezogener Lernprozesse. Festzuhalten bleibt an dieser Stelle daher, dass nicht nur die Automatisierung und die steigende Komplexität der vernetzten, betriebsübergreifenden Produktionssysteme den Qualifikationsbedarf verschieben und tendenziell insbesondere fachübergreifende Qualifikationen relevant sind. Vielmehr ist die Betrachtung der *soziotechnischen Arbeitsbedingungen* für die Analyse des arbeitsbezogenen Lernens ein relevanter Faktor.

4.4 Diskussion über die Einführung neuer Technologien Kontext von Industrie 4.0

In diesem Kapitel erfolgte die Beantwortung der Fragen aus dem ersten Fragekomplex. Wie eingangs erläutert wurde, stand im Zentrum des Erkenntnisinteresses die Untersuchung betrieblicher Umsetzungsansätze von Industrie 4.0. Hierfür wurde die Einführung neuer Technologien in vier untersuchten Fallbetrieben der Metall- und Elektroindustrie empirisch untersucht. Welche neuen Technologien diese untersuchten Betriebe im Kontext von Industrie 4.0 einführen und auf welche Art

und Weise dieser Einführungsprozess gestaltet ist, wurde in diesem Kapitel detailliert dargelegt. Des Weiteren wurde in diesem Kapitel beschrieben, welche neuen Anforderungen sich aus der Einführung neuer Technologien und den arbeitsorganisatorischen Veränderungen für verschiedene Industriebeschäftigtengruppen im Arbeitsprozess ergeben. Zu den eingangs gestellten Fragen, lässt sich mit den vorliegenden Befunden zusammenfassend festhalten, dass es sich im Kontext von Industrie 4.0 um technische und soziale Dimensionen der Arbeit handelt. Das knüpft direkt an die Unterscheidung in der arbeitssoziologischen Literatur an, die *technikzentrierte Ansätze* und *humanzentrierte Ansätze* unterscheidet (Huchler, 2015). Diese beiden Dimensionen von Industrie 4.0 werden im Folgenden im Hinblick auf die Entwicklungen in der Industriearbeit diskutiert.

4.4.1 Technische Dimensionen der Arbeit und Industrie 4.0-Ansätze

Die vorliegenden Befunde verdeutlichen eine technische Dimension von Industrie 4.0, die auf der betrieblichen Ebene als mehrdeutig einzustufen ist. Die Digitalisierung in Industriebetrieben ist unbestritten sichtbar und gerade die industriellen Großbetriebe nehmen eine Vorreiterstellung ein und reagieren auf das Versprechen „völlig unbekannter Nutzenpotenziale“ (Avent, 2014), indem sie umfangreich neue Technologien einführen. Die untersuchten Betriebe der Metall- und Elektroindustrie gehören zu diesen Vorreiterbetrieben und im Kontext von Industrie 4.0 führen sie verschiedenartige Anwendungen ein, die in der Forschungsliteratur **als** *heterogene Technologiebündel* beschrieben werden, die aber keineswegs beliebig sind (Matuschek, 2016; Matuschek & Kleemann, 2019; Pfeiffer & Huchler, 2018; Windelband, 2014; Windelband & Spöttl, 2012).

Die Befunde der vorliegenden Studie zeigen, dass sich die verschiedenartigen technischen Anwendungen durchaus in abteilungsspezifische und abteilungsübergreifende Technologien unterscheiden lassen. Hierbei haben sich ineinander verschränkte Tendenzen der Automatisierung und Digitalisierung herausgebildet, so dass von *digitalisierten Produktionstechnologien zur Automatisierung* und von *automatisierten Produktionstechnologien zur Digitalisierung* gesprochen werden kann sowie von *digital vernetzenden Organisationstechnologien*.

„Wechselwirkungen sind da immer zwischen Automatisierung und Digitalisierung. Die Übergänge sind teilweise fließend. Wenn ich eine neue Automatisierungslinie installiere, habe ich immer wieder einen Impact in die Digitalisierung und umgekehrt.“ (F3 Experte Strategie Digitalisierung #00:43:05-9#)

Die vorliegenden Befunde verdeutlichen eine fortschreitende Automatisierung und eine fortschreitende Vernetzung in den untersuchten Betrieben. Die abteilungsspezifischen Anwendungen sind vordergründig als technische Weiterentwicklung einzustufen. Bei den neu eingeführten Technologien handelte es sich mehrheitlich um Weiterentwicklungen bestehender Techniksysteme oder um weiterentwickelte Varianten von Vorgängerversionen, die bereits seit längerem im Einsatz sind. Anders als bisher sind aber neu eingeführte Maschinen und Anlagen in den Betrieben vermehrt mit algorithmischen Systemen ausgestattet, die zunehmend miteinander vernetzt sind und in Echtzeit Maschinen- und Prozessdaten in der Produktion generieren. Auf dieser Grundlage entstehen datenbasierte Berechnungen für die Steuerung hochautomatisierter Produktionsprozesse, die zu einem weiteren Anstieg der

Automatisierungs- und der Vernetzungsgrade führen, aber auch eine weitere Standardisierung der Produktionsprozesse begünstigen. In den Produktionsabläufen zeichnet sich zudem eine steigende Geschwindigkeit abteilungspezifischer Teilprozesse ab. Trotz dieser Tendenzen bleiben auf der betrieblichen Ebene während der gesamten Studiendauer eine vollständige Vernetzung und Automatisierung in der Produktion aus. Auch nicht erkennbar ist eine vollständige „Verselbständigung der IT-Systeme“ (Windelband 2014). In einigen Bereichen kommt es zu einer leichten Verschiebung der *Verteilten Handlungsträgerschaft* zwischen Menschen und Maschinen, wie sie in anderen Branchen – wie der Automobilindustrie – bereits seit längerem bekannt ist (Huchler 2016). Das Handeln von Technik, ist besonders beim Einsatz von Robotern und Automatisierungslinien zu beobachten. Die regulative Handlungsdimension der Technik übernehmen weiterhin die Beschäftigten. Wie aber in der Literatur beschrieben, deuten sich in den untersuchten Betrieben anders als zuvor vielfältigere Handlungsbeiträge von Technik an (Rammert, 2016; Schulz-Schaeffer & Rammert, 2019)

Die Befunde zeigten auch, dass nicht jede technische Neueinführung eine Innovation darstellt, die Industrie 4.0-Ansätzen zuzuordnen ist. Nicht immer waren bestimmte Merkmale von Industrie 4.0 erfüllt, wie etwa die Vernetzung über CPS. Bei einigen Einführungen handelte es sich mehr um nachgeholte Anpassungen an aktuelle technische Standards, an funktionale Bedürfnisse der direkten Produktion und der produktionsnahen Dienstleistungen. Allein dieser Befund zeigt, dass allein aus der Einführung weiterentwickelter Technologien mit teilweise neuen Merkmalen noch kein disruptiver Wandel der Arbeit abzuleiten ist.

Bei den betrieblichen Vorgehensweisen zur Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 kann zumindest für die untersuchten Industriebetriebe auch kaum von einer technologischen Revolution gesprochen werden. Die Einführung neuer Technologien erfolgte nach ähnlichen Prämissen wie in der Vergangenheit und nur an einzelnen Stellen sind Öffnungen hinsichtlich der Einbindung von Beschäftigten erkennbar. In der frühen Phase der betrieblichen Umsetzung spielten für die Orientierung vermehrt die Schlüsselbegriffe aus technikzentrierten Debatten eine handlungsleitende Rolle.

Die untersuchten Betriebe befanden sich zu Beginn der Studie in einem umfassenderen Suchprozess mit großer Experimentierfreude. Dieser Suchprozess war durch viele Pilotprojekte für neue technische Einzelanwendungen gekennzeichnet. Die Projekte blieben während der Phase des Ausprobierens oft noch unverbunden nebeneinander, aber meist waren sie konzeptionell in einen übergreifenden Ansatz eingebunden, der die Datenverfügbarkeit erhöhen sollte. Im rekonstruktiven Vergleich zu früheren Technikeinführungen war gerade in Pilotprojekten ein großzügiger Umgang mit Fehleinschätzungen feststellbar und selbst in nicht verstetigten Projekten war eine höhere Fehlertoleranz erkennbar, was in dieser Anfangsphase eher auf *innovative und suchende Einführungsansätze* hindeutet. Darüber hinaus war während der Studie eine verstärkte Einbindung der Beschäftigten in allen untersuchten Betrieben zu bemerken, allerdings unterschieden sich die Ansätze hinsichtlich der Intensität. Die Verstetigungsansätze wiederum ähnelten sich stark, in allen vier untersuchten Betrieben. Die Entscheidungen für oder gegen bestimmte Technologien folgten vorwiegend betriebswirtschaftlichen Interessen und auch die Einführung der Technologien und die konkrete Technikgestaltung folgte vorwiegend *konservativen*

Einführungsansätzen, die an bekannte Pfade anschließen. Die vorliegenden Befunde stützen somit die These *strukturkonservativer Pfadabhängigkeiten* im Kontext von Industrie 4.0 (Hirsch-Kreinsen, 2018a) und widersprechen der Annahme von Windelband und Dworschak (2015), die im Kontext von Industrie 4.0 strukturinnovative Einführungsstrategien erwartet haben. Die strukturkonservativen Herangehensweisen in der Umsetzung von Industrie 4.0 könnten mit einer langen Betriebszugehörigkeit und dem hohen Durchschnittsalter der Beschäftigten begründet werden, aber die befragten Expert*innen führten dies eher auf die Größe, Struktur und die Kultur in den Betrieben zurück.

Am Anfang der Debatte über Industrie 4.0 hatte es den Anschein, dass es sich bei Industrie 4.0 um tiefgreifende Veränderungen handelt, aber mit Bezug auf die empirischen Daten dieser Studie sind weder im intensiv untersuchten Betrieb (A) noch in den Betrieben der Ergänzungsstudien (B-D) revolutionäre Tendenzen der technischen Entwicklungen ersichtlich. Bei den eingeführten Technologien im Kontext von Industrie 4.0 handelte es sich nur selten um ein Produkt „von der Stange“ (Huchler & Pfeiffer 2018). Vielmehr waren es sukzessive Anpassungen an betriebspezifische Gegebenheiten, bei denen mitunter zwei Jahre oder mehr vergehen. Außerdem zeigte sich, dass nur wenige Anwendungen in innovativen Suchprozessen erprobt wurden, die sich in keinem der untersuchten Fälle verstetigt haben. Die Anwendungsfälle waren technisch entweder nicht ausgereift oder aber die Nutzenpotenziale wurden von Entscheider*innen als zu gering eingestuft. Aufgrund technischer Unzulänglichkeiten, wie instabilen Datenverbindungen, kam es nicht zu einer Verstetigung der Pilotprojekte, sondern sogar zum Abbruch der Testverfahren, wie die Beispiele virtueller Assistenzsysteme oder der Ansatz autonomer Fahrer- und Transportsysteme zeigen. Bei solchen Problemen wurden die Projekte zeitnah eingestellt. Weitere Probleme kamen auch zustande, weil die technische Anbindung an den Schnittstellen mit bestehenden Prozessen und bestehenden Anwendungen nicht gut funktionierte oder neue Anwendungen sich nur unzureichend in die bestehende Netzwerkarchitektur des jeweiligen Produktionsbetriebes einbinden ließen. Es wurde deutlich, dass einige Neuerungen stärker entwicklungsbedürftig sind, als dies in der technikzentrierten Debatte den Anschein hat. Das könnten Hinweise auf die Grenzen der Digitalisierung von Arbeit sein (Hirsch-Kreinsen, 2015, 2016a; Huchler, 2016). Die technischen Hindernisse und die steigenden Abstimmungsprozesse führten an einigen Stellen zu Verzögerungen in den Einführungsprozessen neuer Technologien. Gerade bei sehr technikaffinen einerseits und unerfahrenen Beschäftigten andererseits führte dies zu Enttäuschungen. Trotz einiger technischer Grenzen in der Umsetzung und trotz einiger Enttäuschungen war eine „Umkehr der enthusiastischen Perspektive auf Industrie 4.0“ (Hirsch-Kreinsen, 2016a) in allen vier untersuchten Betrieben nicht erkennbar.

Die vorliegenden Befunde auf der betrieblichen Ebene sprechen also kaum dafür, die aktuellen Entwicklungen als eine technische Revolution einzuordnen. Bemerkenswert ist aber der Widerspruch zwischen den technikzentrierten Prognosen (Acatech 2011, 2014, Brynjolfsson & McAfee 2014, Schlick et al., 2014 usw.) und den vorliegenden empirischen Erkenntnissen. Vorläufig sind in der Umsetzung von Industrie 4.0 keine revolutionären Umbrüche auf der betrieblichen Ebene zu erwarten, sondern eher ein reproduzierender Zustand bestehender Techniktendenzen. Die These einer *Vierten industriellen Revolution* muss daher mit den vorliegenden Befunden vorerst infrage gestellt werden.

4.4.2 Soziale Dimensionen der Arbeit und Industrie 4.0-Ansätze

Die soziale Dimension von Industrie 4.0 zeigt sich in den vier untersuchten Betrieben besonders im Hinblick auf die veränderten Anforderungen an die Beschäftigten. Die Befunde verdeutlichen, dass gerade in Einführungsprozessen die Anforderungen an die Industriebeschäftigten steigen. Zum Beispiel benötigen Beschäftigte zunehmend ein technisches Grundverständnis für die Ausführung ihrer Arbeitsschritte oder das Bedienen neuer Produktionsmaschinen und -anlagen. Aus Sicht der untersuchten Beschäftigtengruppen steigen die Anforderungen im Kontext von Industrie 4.0 auch an, weil viele Neuerungen gleichzeitig eingeführt werden. Außerdem sind die Beschäftigten in allen untersuchten Betrieben im Vergleich zu früheren Technikeinführungen gerade in den Versuchsphasen stärker eingebunden und benötigen dadurch neues Wissen und müssen zügig neue Routinen entwickeln. Neu und herausfordernd für viele Beschäftigte sind neben partizipativen Ansätzen zur Technikeinführung auch Veränderungen in den Abläufen, in der Arbeitsorganisation und in den Arbeitsweisen.³⁹ Aus dieser Entwicklung lässt sich aber keine durchgängige Aufwertung der Arbeit und kein genereller Trend zum Upskilling bei allen Beschäftigtengruppen im Kontext von Industrie 4.0 ableiten. Nicht immer kommt es nach anfänglichem Anstieg der Anforderungen im Einführungsprozess beispielsweise zu einer Ausdehnung der Handlungsspielräume oder anderweitigen Entlastungen, wie dies in der Literatur oft diskutiert wird (Pfeiffer 2017). Vielmehr deuten sich im Detail ambivalente Tendenzen an.

Die vorliegenden Befunde verbinden sich am ehesten mit dem Szenario eines „Growing Gap“ (Brynjolfsson und McAfee 2014: 136). Es zeigt sich im Kontext von Industrie 4.0 eine soziale Spaltung als ein „skill-biased technical change“ (ebd.) zwischen formal höher und formal niedriger qualifizierten Beschäftigten. Demnach nehmen komplexe Tätigkeiten mit einer hohen Qualifikation zu, während sich gleichzeitig die Handlungsspielräume in Bereichen mit einfachen Tätigkeiten verengen und in stark automatisierten Arbeitsfeldern nur niedrige Anforderungen bestehen bleiben (Brynjolfsson & McAfee 2014, 136 f.). Das lässt sich besonders gut an drei zentralen Faktoren festmachen, die mit der Vorbildung der Beschäftigten im Zusammenhang stehen:

Erstens wurde in allen vier Betrieben auf einen zunehmenden Bedarf an technisch ausgebildeten Fachkräften hingewiesen. Die Befunde zeigten, dass im Kontext von Industrie 4.0 in allen vier Betrieben gerade die Anforderungen an die technisch ausgebildeten Fach- und Führungskräfte steigen. Für diese Beschäftigtengruppe entstehen neue Tätigkeits- und Handlungsfelder für die sie zunehmend umfangreiches und spezialisiertes Wissen für verschiedene Arbeitshandlungen benötigen. Das unterschied sich in den einzelnen Stufen der Einführungsprozesse. Für das *Arbeitshandeln im Prozess der Einführung neuer Technologien* benötigen die Fachkräfte vorwiegend neues technisches Wissen über die Neuentwicklungen und darüber hinaus Prozess- und Programmierkenntnisse für die Implementierung und die Anbindung an die technischen Schnittstellen. Für eine möglichst störungsarme

³⁹ Das verweist auf den bereits in der CIM-Debatte erkannten Zusammenhang zwischen der Einführung neuer Technologien und der Gestaltung der Arbeitsorganisation sowie der Qualifikation (Hirsch-Kreinsen 1990: 36).

Implementierung im Einführungsprozess neuer Technologien bleibt aber weiterhin ihr Erfahrungswissen notwendig. Für das *Arbeitshandeln im laufenden Arbeitsprozess* mit neu eingeführten Technologien nutzen die Fachkräfte vorwiegend ihre Bedienerkenntnisse für die zuverlässige Steuerung und Kontrolle hochautomatisierter Maschinen und Anlagen. Einige Anlagen steuern sich zwar inzwischen teilweise selbst, aber die Fachkräfte in der Maschinen- und Anlagenbedienung benötigen mehr als zuvor Prozess- und Programmierkenntnisse für die zunehmende Komplexität in Produktionsprozessen, um mögliche Probleme an Schnittstellen während der laufenden Produktion zügig auszugleichen. Für die Bedienung neuer Technologien und die Lösungssuche bei technischen Problemen ist weiterhin Erfahrungswissen notwendig. Das *Arbeitshandeln in außergewöhnlichen Situationen* wie eine Störungsbeseitigung wird komplexer und erfordert gezielte manuelle Eingriffe von technisch ausgebildeten Fachkräften mit immer mehr Programmierkenntnissen. Für die Wartung und Entstörung neuer Technologien ist weiterhin das Erfahrungswissen von Instandhaltungskräften notwendig, um für möglichst störungsfreie Abläufe zu sorgen. Am Beispiel der eingeführten Roboteranlagen im vertieft untersuchten Betrieb A zeigte sich ein neuer übergreifender Tätigkeitszuschnitt bei Fachkräften und eine neue Form der abteilungsübergreifenden Zusammenarbeit. Speziell geschulte Kompetenzteams, die für die Implementierung, die Bedienung sowie für die Wartung und Entstörung der Roboteranlagen zuständig sind, kommen jedoch nur sehr selten vor. Insgesamt ist bei technisch-akademisch ausgebildeten Fach- und Führungskräften eher eine Tendenz zur Aufwertung der Arbeit (Upskilling) erkennbar. Eine zunehmende Komplexität, die weniger aus der Einführung neuer Maschinen, sondern vielmehr aus der zunehmenden Vernetzung entsteht, erfordert neue Qualifikationen, um fachgerechte Programmierungen und Datenanalysen durchzuführen, aber auch neue Formen der abteilungsübergreifenden Zusammenarbeit in Teams. Dieser Befund decken sich in großen Teilen mit anderen Studien, die zaghafte Veränderungen in der industriellen Facharbeit am Beispiel der Instandhaltung untersucht haben (Acatech, 2015; Ahrens & Spöttl, 2015; Baethge-Kinsky, Marquardsen, et al., 2018b, 2018a).

Zweitens zeigen die vorliegenden Befunde aber auch, dass Teile der industriellen Facharbeit unter Druck geraten. Bei technisch ausgebildeten Fachkräften sind erste Tendenzen einer Aufspaltung anhand unterschiedlicher Wissensbestände erkennbar. Am Beispiel der Facharbeit in der Instandhaltung im vertieft untersuchten Betrieb A und im ergänzend untersuchten Betrieb C zeichnen sich ambivalente Entwicklungen ab. Einerseits führt der Einsatz von mobilen Assistenzsystemen zur mobilen Wartungsplanung und einige Beschäftigte nehmen die Systeme als Entlastung wahr, weil sie die ansteigende Komplexität im Arbeitsprozess der Fachkräfte reduziert. Gleichzeitig geben mobile Assistenzsysteme die Reihenfolge der Wartungseinsätze vor und führen zu einer standardisierten Arbeitsorganisation, weshalb sie von sonst eher selbstbestimmt arbeitenden Fachkräften überwiegend abgelehnt werden. Das System entwertet zwar nicht direkt die Tätigkeiten der Fachkräfte, dennoch greift es in bisher selbstbestimmte Arbeitsprozesse ein, weil die Organisation der Abläufe nicht mehr in den Händen der Beschäftigten liegt. Die in solchen Organisationstechnologien festgelegten Vorgaben zum Handlungsablauf und Vorgaben zu Bearbeitungszeiten, die mit Auftragsmanagementsystemen technisch vernetzt sind, verengen die Handlungsspielräume im Arbeitsprozess und begünstigen eine Tendenz zum *Deskilling* auch bei technisch ausgebildeten Fachkräften. Für das *Arbeitshandeln im laufenden*

Arbeitsprozess zeichnet sich andererseits ab, dass für die Steuerung und Kontrolle und auch für die Instandhaltung der hochautomatisierten Maschinen und Anlagen zunehmend Datenanalysekompetenzen und mehr als zuvor auch Programmierkenntnisse erforderlich sind. Für das *Arbeitshandeln in Sondersituationen* benötigen die Fachkräfte weiterhin viel Erfahrungswissen und müssen es gleichzeitig bei neuen und bei älteren Versionen der Maschinen und Anlagen anwenden können. Mit den eingesetzten Organisationstechnologien kommt es zu leichten Aufgabenverschiebungen von einer reparaturorientierten zu einer vorausschauenden Instandhaltung (Baethge-Kinski et al. 2018), die sich auf die Arbeitsorganisation auswirkt. Ein Teil der Beschäftigten folgt eher standardisierten Vorgaben zur Wartung und hat weniger Spielräume als zuvor. Dieser Teil übernimmt klassische Instandhaltungsaufgaben mit viel beruflichem rationalen Mechanik- und Elektronikwissen und „älterem“ Erfahrungswissen zu den speziellen Maschinen und Anlagen. Ein anderer Teil ist mit hochspezialisierten Datenkompetenzen für die Entstörung vernetzter Maschinen und Anlagen verantwortlich. Mit der Umsetzung der Datenstrategien und der zunehmenden Vernetzung der Anlagen deuten die Befunde darauf hin, dass Instandhaltungskräfte überfachliche Kompetenzen und vermehrte Informatikkenntnisse benötigen. Diese Tendenz trifft überwiegend auf junge und akademisch ausgebildete Arbeitskräfte zu. Die beiden unterschiedlich ausgebildeten Fachkräftetypen sind in die Entscheidungs- und Verbesserungsprozesse der Industrie-4.0-Ansätze unterschiedlich eingebunden und auch die Teilnahme an Weiterbildungen zur Aneignung von Informatikkenntnissen unterscheidet sich teilweise erheblich. Die zunehmende Komplexität, die insbesondere durch die zunehmende Vernetzung entsteht, führt zu einer wachsenden Bedeutung des Programmierwissens in der Instandhaltung und im Prüffeld. Akademisch ausgebildete Beschäftigte sind da im Vorteil. Dieser ambivalente Befund deckt sich mit ähnlichen Einschätzungen zur Entwicklung der Facharbeit in der Instandhaltung (Baethge-Kinsky et al. 2018; Warnhoff 2020). Gerade in der Facharbeit deuten sich deshalb Spaltungen zwischen erfahrenen, klassisch ausgebildeten Arbeitskräften und jungen, akademisch ausgebildeten Arbeitskräften an. Die Tendenzen zu einerseits stärker vorstrukturierter Auftragsplanung und andererseits der verstärkten Datenanalysekompetenzen zeigen sich nicht nur in der Instandhaltung, sondern auch zum Beispiel auch im Prüffeld. Lücken zwischen unterschiedlich gebildeten Fachkräften entstehen aufgrund unterschiedlicher Vorbildungen und unterschiedlicher Möglichkeiten zur Weiterqualifizierung. Die ungleichen Anforderungen verdeutlichen auf der betrieblichen Ebene vor dem Hintergrund der Entgelteingruppierungen ungleiche Verteilungen und sind in Sozialstrukturanalysen als Polarisierung der gesellschaftlich sozialen Lage bekannt und deutlich sichtbar.

Drittens zeigten die vorliegenden Befunde dieser Studie auch, dass mit der Einführung neuer Technologien die Anforderungen nicht durchgängig steigen. In allen vier Betrieben gab es Hinweise darauf, dass für die Gruppe der formal gering qualifizierten Beschäftigten oft keine oder nur sehr wenige neue Tätigkeits- und Handlungsfelder entstehen. Für das *Arbeitshandeln im Prozess der Einführung neuer Technologien* benötigen formal gering qualifizierte Arbeitskräfte weniger komplexes Wissen, denn sie arbeiten selten an hochkomplexen Maschinen und Anlagen oder in ganzheitlichen Arbeitsprozessen. Viele von ihnen sind gegenüber den neuen Technologien sehr aufgeschlossen und wollen die Einführungsprozesse mitgestalten. Hier verhindern oft restriktive Arbeitsbedingungen eine aktive

Partizipation die Aneignung übergeordneter Wissensbestände, die evtl. indirekte Bezüge zur unmittelbaren Arbeitsaufgabe hätten. Für das *Arbeitshandeln im laufenden Arbeitsprozess* benötigen formal gering qualifizierte Arbeitskräfte neben den Fähigkeiten zur manuellen Arbeit grundlegende PC-Bediennerkenntnisse, um neue Anwendungen oder Maschinen zu starten. In ihrem laufenden Arbeitsprozess leiten technische Systeme sie zum Einhalten planerisch vorgegebener Instruktionen an, was aus Perspektive der Produktionsplanung dem Ziel der Fehlervermeidung und damit der Qualitätssicherung dient. Festgelegte Vorgaben zum Handlungsablauf und Vorgaben zu Bearbeitungszeiten, die mit Auftragsmanagementsystemen technisch vernetzt sind, verengen aus subjektiver Sicht der Beschäftigten jedoch die bisherigen Handlungsspielräume. Aus Sicht erfahrener Arbeitskräfte ist die technische Unterstützung kaum notwendig und daher erkennen sie für sich kaum einen Nutzen in der Anwendung. Die bisherige Technikgestaltung, die oft nach strukturkonservativen Prämissen erfolgt, lässt den Beschäftigten zu wenig Anpassungsmöglichkeiten an den tatsächlichen Unterstützungsbedarf. Die Beschäftigten, die mit restriktiven Assistenzsystemen arbeiten, erhalten deshalb nur wenige Möglichkeiten, kreative Lösungen für Probleme im Arbeitsprozess zu entwickeln. Besonders erfahrene Beschäftigte kritisieren die Abnahme der eigenständig entwickelten Arbeitsroutinen, während Leihkräfte gleichzeitig dankbar für Erleichterungen im Arbeitsprozess sind. Die befragten Beschäftigten wünschen sich daher Möglichkeiten zur individuellen Anpassung der Systeme. Beschäftigte artikulieren zwar dieses Bedürfnis, aber von Seiten der Betriebe wird eine solche Technikgestaltung (noch) nicht umgesetzt. Vermutlich sind wirtschaftliche Steuerungsinteressen aufgrund des global gestiegenen Produktionsdrucks vorherrschend und die funktionale Steuerung standardisierter Arbeit überwiegt. Für das *Arbeitshandeln in Sondersituationen* benötigen aber auch formal gering qualifizierte Arbeitskräfte weiterhin ihr Erfahrungswissen, denn Teile der manuellen Arbeit bleiben in Ausweichstationen bestehen, um bei hohen Produktionsengpässen flexibel zu reagieren und manuell die Produktion zu unterstützen. Hier aber von einer Aufwertung zu sprechen, erscheint unangemessen. Vielmehr begünstigen die weiterentwickelten Technologien ein *Deskilling* bei Arbeitskräften ohne eine formale Qualifikation, wie es Braverman bereits in den 1970er Jahren beschrieb. Am Beispiel der stationären Assistenzsysteme in der Montage und am Beispiel der mobilen Assistenzsysteme in der Logistik wird dies besonders deutlich. Durch die eingesetzte Technik kommt es zur verstärkten Standardisierung der Arbeitsprozesse, weil im technischen System die Handlungsabfolgen bis ins kleinste Detail als standardisierte Abfolgen eingeschrieben sind. Allerdings sind (noch) nicht alle Teile des Erfahrungswissens der Beschäftigten betroffen. In der manuellen Montage oder Bestückung benötigen Beschäftigte bei Störungen automatisierter Maschinen und Anlagen noch Teile des Erfahrungswissens, weil sie dann – wie vor der Automatisierung – wieder vermehrt manuelle Schritte ausführen. Dennoch sind die subjektivierenden Anteile des Arbeitshandelns bei dieser Beschäftigtengruppe besonders gefährdet, weil es zu einer Abnahme rationaler und intuitiver Aspekte im Arbeitshandeln kommt. Die Objektivierungsthese ist dennoch vorsichtig zu argumentieren, denn im besten Fall ermöglichen Anpassungen in der Arbeitsorganisation einen selbstbestimmten Einsatz der Arbeitskraft, der auf der organisatorischen Ebene intuitives und kreatives Erfahrungswissen für Arbeitshandlungen erfordert. Sobald Beschäftigte Autonomiespielräume in der Aufgabenzuteilung wie etwa der Rotation haben, oder Wahlmöglichkeiten die Formen der Arbeitsteilung oder die Kooperationsmöglichkeiten beeinflussen

können, bestehen zumindest Chancen, die Tendenzen des Deskillings aufzuweichen. Dieser vorliegende Befund deckt sich mit den bisherigen Vermutungen und Erkenntnissen für den Bereich der Einfacharbeit in der Montage und Logistik (Abel et al., 2014; Adami et al., 2008; Hirsch-Kreinsen, 2017; Ittermann & Eisenmann, 2018, S. 7; Kuhlmann et al., 2018).

Festzuhalten bleibt an dieser Stelle, dass sich mit den vorliegenden Befunden dieser Studie Verschiebungen im Qualifikationsbedarf andeuten. Mit der Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 entstehen unterschiedliche Anforderungen an die Beschäftigten. Der Einsatz neuer Technologien begünstigt eine Standardisierung der Arbeitsprozesse und damit einhergehend eine Verengung der Handlungsspielräume. Allerdings steigt wiederum durch die Vernetzungen der Produktionssysteme die Komplexität und hierfür sind tendenziell vermehrt fachspezifische und übergreifende Qualifikationen relevant. Im intensiv untersuchten Betrieb (A) und in den ergänzenden Studien in den Betrieben (B-D) deuten die vorliegenden Befunde vorerst am ehesten auf die eingangs skizzierte *Polarisierungsthese* hin (Hirsch-Kreinsen, 2014, 2015; Staab & Prediger, 2019).

Die soziale Dimension, die mit Begriffen wie *Transformation der Arbeit* oder *Zukunft der Arbeit* (BMBF 2016; Jürgens et al. 2017) zum Ausdruck kommt, sind in der Diskussion über Industrie 4.0 meist noch zu wenig beleuchtet, aber gehören verstärkter in die sozialpolitischen Debatten zum technischen Wandel der Arbeit. Im Hinblick auf die Umsetzung von Industrie-4.0-Ansätzen zeichnet sich auf der betrieblichen und auf der politisch-gesellschaftlichen Ebene eine größere Herausforderung ab, die Wechselwirkungen zwischen den technisch-organisatorischen und den sozialen Dimensionen von Arbeit in Einklang zu bringen.

4.4.3 Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Befunde lassen den Schluss zu, dass die These vom disruptiven Wandel infrage zu stellen ist. Die bisherige Überbetonung technischer Potenziale ist in Bezug auf die Veränderungen in der Industriearbeit wenig nachvollziehbar. Das bedeutet andererseits aber nicht, dass gar keine Veränderungen in den Industriebetrieben stattfinden. Vielmehr ist im Kontext von Industrie 4.0 eine Weiterentwicklung der Automatisierung der Produktionsprozesse unübersehbar. Darüber hinaus kommen vermehrt Systeme zum Einsatz, die der algorithmischen Steuerung der Produktionsprozesse dienen. Sichtbar ist dabei eine zunehmende Einführung digitalisierter Maschinen und Anlagen in der direkten Produktion, die mit einer neuen Sensorik ausgestattet sind, um regelbasierte Mechanismen auch für die produktionsnahen Dienstleistungen abzuleiten. Weniger gut sichtbar und bisher eher durch Rekonstruktionen erfassbar ist die Vernetzung der Produktionsbereiche in den Betrieben, die aus der erhöhten Datenverfügbarkeit resultiert und stärker als zuvor zur datengetriebenen Produktionsplanung führt. Nicht nur in der Montage und Bestückung zeichnet sich ein Rückgang manueller Arbeitsschritte ab, sondern auch in den produktionsnahen Dienstleistungen. Hier trägt auch die Vernetzung dazu bei, dass manuelle Arbeitsschritte seltener vorkommen. Allerdings ist dies mit Vorsicht zu interpretieren, da bisher keine direkten Effekte auf die Beschäftigungssicherheit festzustellen sind. Im Zeitverlauf hat sich in der Studie gezeigt, dass sich gerade erst sukzessive neue Muster zum technischen Wandel der

Arbeitswelt abzeichnen. Viele Anwendungen wurden in den untersuchten Betrieben zeitversetzt eingeführt oder teilweise wieder verworfen. Vor allem wurde auch deutlich, dass es sich bei der Umsetzung von Industrie 4.0 um ein längerfristiges Vorhaben mit gegenläufigen Entwicklungen handelt. So vereinfachen sich aus Sicht der befragten Beschäftigten einige Prozesse und gleichzeitig steigt die Komplexität weiter an. Es entfallen eher Teile eines Tätigkeitszuschnittes und gleichzeitig kommen neue Teile hinzu. Problematische Folgen für die Arbeit der Beschäftigten können deshalb bisher nur undeutlich erfasst werden.

Die vorliegenden Befunde verdeutlichen auch, dass die Umsetzung von Industrie 4.0 nicht allein auf das *technisch Machbare* reduziert werden sollte. Nur selten lassen sich allein aus der Einführung neuer Produktionstechnologien direkte oder einseitige Folgen der Technologien auf die Arbeit ableiten (Dolata & Schrape 2013; Zeller et al. 2010, 2012; Pfeiffer 2015 a,b; Hirsch-Kreinsen 2015). So sind nicht nur betriebliche Investitionsüberlegungen in Abhängigkeit zur Größe des jeweiligen Betriebes zu bewerten, sondern auch im Hinblick auf das Ausmaß und die Intensität von Digitalisierungs- und Vernetzungsprojekten. Auch Kontextbedingungen wie die gesamtwirtschaftliche Lage des Herstellerlandes und das jeweilige Wettbewerbsumfeld der Betriebe können einen Einfluss auf die betrieblichen Ansätze haben (Abicht & Spöttl, 2012)

Mit Blick in die Betriebe wurde deutlich, dass sich die Arbeitsbedingungen von Beschäftigten aus dem jeweiligen Zusammenhang zwischen Technik und Organisation ergeben. Mit anderen Worten: Technische Konzepte verändern die Arbeit, aber erst im Zusammenspiel mit der Arbeitsorganisation entstehen die Folgen für die Arbeit. Zentral in der Umsetzung von Industrie 4.0 ist deshalb die konkrete Auslegung der Technik und damit einhergehend die konkrete Gestaltung der Arbeitsorganisation im untersuchten Betrieb. Hierin liegen die Anforderungen und die Herausforderungen im Kontext von Industrie 4.0. Die vorliegenden Befunde der untersuchten Fallbetriebe zeigen ein differenziertes Bild und deuten darauf hin, dass die Gestaltungsansätze für den Wandel der Arbeit im Kontext von Industrie 4.0 zukünftig stärker die Interdependenzen der technischen und der sozialen Dimensionen in den Gestaltungsansätzen, aber auch in der Forschung berücksichtigen müssten. Das bedeutet, dass zukünftige Technikgestaltung in einem engen Austausch mit Arbeits- und Organisationsgestaltung stehen müsste, um Konzepte zu entwickeln, die das Erfahrungswissen von Beschäftigten nicht entwerten und damit die Tendenzen des *Deskilling*s nicht verstärken.

So können fehlende Handlungsspielräume in technisch verengten Arbeitsprozessen durch die Art und Weise der arbeitsorganisatorischen Prinzipien teilweise wieder ausgeglichen werden. Entscheidende Faktoren sind dann selbstbestimmte Wahlmöglichkeiten in der Arbeitsteilung und der Kooperation unter den Beschäftigten. Das hat sich besonders eindrucksvoll beim Einsatz von Assistenzsystemen bei Industriebeschäftigten gezeigt. Obwohl Assistenzsysteme zu Standardisierungen der Arbeitsprozesse führten, unterschied sich je nach Vorbildung der Beschäftigten und den organisationalen Bedingungen ihrer Tätigkeit die subjektive Sicht von Beschäftigten teilweise erheblich. Sie nahmen die Systeme sowohl entlastend wahr zum Beispiel bei hoher Komplexität der Arbeitsprozesse und einer Erweiterung der Handlungsspielräume und sie nahmen sie als belastend wahr zum Beispiel bei zu niedriger Komplexität

der Arbeitsprozesse und einer Verengung der Handlungsspielräume. Außerdem war der Grad an Einflussnahme ein entscheidendes Kriterium für die Beschäftigten und hat deren Akzeptanz stark beeinflusst. Diese subjektiven Einschätzungen kommen in technikzentrierten Diskussionen über Industrie 4.0 allerdings noch viel zu kurz und vernachlässigen somit frühere Erkenntnisse eines “social shaping of technology” (MacKenzie & Wajcman, 1999).

Die aktuellen Entwicklungen im Kontext von Industrie 4.0 geben Hinweise auf breitere Spannungsfelder zwischen einer Rationalisierung der Arbeit und einer Humanisierung der Arbeit. Daher sind die sozialen Aushandlungspraktiken ein wichtiger Aspekt, wie sich im Rahmen der Studie verdeutlicht hat. Unzählige Faktoren beeinflussen die Umsetzung auf der betrieblichen Ebene. Gerade in Großbetrieben der deutschen Industrie, wie es die untersuchten Betriebe sind, hat sich dabei gezeigt, dass Betriebsratsgremien die Umsetzungsrichtung von Industrie 4.0-Ansätzen beeinflussen können. Betriebsratsmitglieder können über ausgehandelte Betriebsvereinbarungen einen Einfluss auf die Einführung der Technologien und die Lernprozesse nehmen, was sie durchaus mit unterschiedlicher Intensität tun. Eine Zustimmung der Gremien ist zumindest für Prozesse der Planung, Testung und Einführung neuer Technologien erforderlich. Es zeigte sich an dieser Stelle aber auch, dass Betriebsräte stärker als zuvor ein technisch-geschultes Grundverständnis benötigen, um die neuen Entwicklungen in ihrer Bandbreite einzuordnen.

Der Wandel der Arbeit wird auch in Zukunft weiterhin durch Technikentwicklungen beeinflusst sein. Industrie 4.0 ist laut der befragten Expert*innen ein umfangreiches Langzeit-Programm und nicht nur ein Hype mit vielen neuen Schlagbegriffen. Die Dynamik der Entwicklungen in den Betrieben lässt (noch) kein abschließendes Urteil zu. Ausgehend von der Annahme, dass es sich bei Industrie 4.0 um einen fortlaufenden Prozess der Automatisierung und Vernetzung in der Produktion handelt, ist zukünftig nicht auszuschließen, dass die jetzt abgebrochenen Pilotversuche zu einem viel späteren Zeitpunkt noch weiterentwickelt bzw. verstetigt werden. Darüber hinaus ist zukünftig mit einem vermehrten Einsatz anpassungsintelligenter Systeme in Produktionsbetrieben zu rechnen, die eine technische Substitution menschlicher Tätigkeiten im Arbeitsprozess begünstigen. Ob damit die Standardisierung in der Produktion weiter zunimmt, bleibt vorerst abzuwarten. Erste Versuche wurden aber zumindest in den untersuchten Betrieben unternommen, zum Beispiel mit lernenden Algorithmen in Chatbots, virtuellen Simulationen und Visualisierungen für den Einsatz in der Produktionsplanung. Allerdings sind hier verlässliche Prognosen kaum möglich, da diese Entwicklungen noch zu unausgereift sind, um breitenwirksam eine Relevanz in den Betrieben zu entfalten. Hieraus könnte aber in näherer Zukunft ein Forschungsbedarf entstehen, weil auf lange Sicht eventuell der Einsatz solcher Systeme und die Integration in die betrieblichen Strukturen, die Produktionskonzepte im Detail verändern könnte.

In den untersuchten Großbetrieben der Metall- und Elektroindustrie war eine verstärkte Tendenz zu hochautomatisierten Produktionsprozessen zu beobachten. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit, dass damit auch ein Rückgang manueller Arbeit in bestimmten Bereichen einhergeht, die weniger Qualifikationen erfordern. Die befragten Interessensvertretungen erwarten zwar vorerst keine gravierenden Effekte auf die Beschäftigungssicherheit im Kontext von Industrie 4.0, aber sie betonen

gleichzeitig die Rolle der Qualifizierung der Beschäftigten, um mögliche Nachteile rechtzeitig abzuwenden. Im folgenden Kapitel wird deshalb die Qualifizierung der Beschäftigten im Kontext von Industrie 4.0 genauer analysiert und diskutiert. Diese Umgestaltung der Produktion durch neue technologische Möglichkeiten wirkt sich auf die Anforderungen an die Beschäftigten aus. Körperliche Arbeitsanforderungen, die lange Zeit als ein charakteristisches Merkmal der Industriearbeit galten, nehmen mit weiterentwickelten Automatisierungstechnologien weiter ab. Dieser Befund reiht sich in weitere Befunde der Debatte über das Verhältnis von Arbeit und Technik seit Kern und Schumann (1970) ein. Andererseits zeigen die Befunde, dass in den untersuchten Bereichen der direkten Produktion und in den produktionsnahen Dienstleistungen für die Erstellung digitaler Erzeugnisse zunehmend technische Kompetenzen und IT-Wissen erforderlich sind, was eher für die These eines Upgradings spricht.

Mit der Umsetzung von Industrie 4.0-Konzepten verändern sich die Anforderungen im Arbeitsprozess. Zum Beispiel sind neben dem Erfahrungswissen vermehrt technische Kompetenzen selbst im Bereich der Einfacharbeit erforderlich, um mit den neuen Anwendungen umgehen zu können. Die Umgestaltung der Produktion im Kontext von Industrie 4.0 erfordert weiterhin IT-Wissen, nicht nur für die Einführung digitaler Technologiekonzepte, sondern gerade auch für die Konzeption und die Produktion digitaler Erzeugnisse. Das hat Konsequenzen für die Qualifizierung von Industriebeschäftigten. Die Veränderungen benötigten eine weitergehende Analyse zur Qualifizierung der Beschäftigten. Auf welche Art und Weise sich die Beschäftigten im Kontext von Industrie neues Wissen aneignen oder ihr Erfahrungswissen einbringen können und wie die Lernbedingungen in den Betrieben gestaltet sind, wird daher im folgenden Kapitel beschrieben.

5 ERGEBNISTEIL B: QUALIFIZIERUNG IM KONTEXT VON INDUSTRIE 4.0

Im vorigen Kapitel wurde dargelegt, wie sich im Kontext von Industrie 4.0 die Arbeitsbedingungen für Industriebeschäftigte in den untersuchten Betrieben verändern. Es wurde geklärt, dass inzwischen in den untersuchten Funktionsbereichen abteilungsspezifische und abteilungsübergreifende Technologien zum Einsatz kommen, die durchaus unterschiedliche Auswirkungen auf das Arbeitshandeln haben. Weiterhin wurde gezeigt, dass es durch technische Neueinführungen zu arbeitsorganisatorischen Umstrukturierungen kommt, die sich ebenfalls auf das Arbeitshandeln auswirken. Im Kontext von Industrie 4.0 entstehen demnach aus der technischen und sozialen Dimension teilweise ungelöste Spannungsfelder für das Arbeitshandeln der Industriebeschäftigten in der Produktion.

Im zweiten Ergebnisteil der vorliegenden Arbeit erfolgt die Beantwortung des zweiten Fragekomplexes zur Qualifizierung der Industriebeschäftigten im Kontext von Industrie 4.0. Wie eingangs erläutert wurde, geht es um die Klärung der folgenden Fragen:

- Welche arbeitsorientierten Lernhandlungen sind in Industriebetrieben charakteristisch?
- Welche Bedingungen begünstigen aus Sicht von Industriebeschäftigten arbeitsbezogenes Lernen?
- Welche Bedingungen fördern aus Sicht von Industriebeschäftigten die Lernbereitschaft?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den subjektiv wahrgenommenen Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen und der Bereitschaft, sich mit Digitalisierung auseinanderzusetzen?

Für die Beantwortung dieser Fragen wurden alle vorliegenden Daten aus Beobachtungen, Interviews und Gruppendiskussionen sowie aus betriebsspezifischen Dokumenten vertieft analysiert. Im ersten Abschnitt (5.1) sind charakteristische arbeitsbezogene Lernhandlungen in Industriebetrieben beschrieben. Im Rückbezug auf die vorgestellten Begriffe im Forschungsstand wurden die von Beschäftigten beschriebenen Lernhandlungen den a) arbeitsintegrierten Lernhandlungen, b) arbeitsnahen Lernhandlungen und c) arbeitsorientierten Lernhandlungen zugeordnet. Im Anschluss daran folgt im zweiten Abschnitt (5.2) die Darstellung der subjektiven Sichtweisen auf die arbeitsbezogenen Lernhandlungen in verschiedenen Funktionsbereichen des vertieft untersuchten Betriebes. Neben den abteilungsspezifischen Lernhandlungen sind auch Organisationsansätze für übergreifende Lernhandlungen einbezogen worden. Im dritten Abschnitt (5.3) geht es um vergleichende Analysen subjektiver Gründe für das arbeitsbezogene Lernen bei Industriebeschäftigten. Hierbei standen die subjektive Sicht auf die Lernhandlungen und die Lernbereitschaft im Vordergrund. Anhand theoretischer Begriffe wurden diese aus subjektiver Sicht von Beschäftigten als expansive, defensive und widerständige Lernhandlungen analytisch rekonstruiert. Im Anschluss daran folgt die subjektive Sicht auf die Rahmenbedingungen für arbeitsbezogene Lernhandlungen, die anhand der Kriterien der Lernförderlichkeit (Kap. 2 Forschungsstand) analysiert wurden. Darauf aufbauend schließt eine analytische Gegenüberstellung an, die subjektive Einschätzungen zur Lernbereitschaft und Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen zusammenführt. Das Kapitel endet mit der Diskussion (5.4) über die Chancen zur Qualifizierung der Industriebeschäftigten im Kontext von Industrie 4.0.

5.1 Arbeitsbezogene Lernhandlungen in Industriebetrieben

Im Kontext von Industrie 4.0 können die bisher analysierten Veränderungen neue Auslöser für arbeitsbezogene Lernhandlungen bei Industriebeschäftigten sein. Diese Lernhandlungen sind in unterschiedlicher Weise charakterisiert. In theoretischer Hinsicht lassen sich verschiedene Formen arbeitsbezogener Lernhandlungen unterscheiden (Vgl. Kap. 2). An dieser Stelle lassen sich diese Lernhandlungen im Hinblick auf den Lernort in drei verschiedene Formen unterscheiden. Die folgende Analyse erfolgt nach dieser begrifflichen Unterscheidung und stellt dar, welche arbeitsorientierten Lernhandlungen in Industriebetrieben charakteristisch sind.

5.1.1 Charakterisierung arbeitsintegrierter Lernhandlungen in Industriebetrieben

Arbeitsintegrierte Lernhandlungen sind allgemein definiert als Handlungen mit direkten Verbindungen zwischen der Arbeit und dem Lernen. Die Lernhandlungen sind demnach ein direkter Bestandteil der Arbeitsaufgabe bzw. beziehen sich unmittelbar auf den jeweiligen Arbeitsgegenstand. Das Lernhandeln ist somit ein integrativer Bestandteil des Arbeitshandelns (Dehnbostel, 2015; Schröder und Dehnbostel, 2021).

In den untersuchten Industriebetrieben sind arbeitsintegrierte Lernhandlungen in vielfältiger Art und Weise anzutreffen. Die befragten Beschäftigten berichten, dass diese Form der Lernhandlungen im Kontext von Industrie 4.0 eine zunehmende Rolle spielt. Das Lernen im Prozess der Arbeit erfolgt wenig standardisiert oder strukturiert. Es handelt sich um individuelle und um kollektive Lernprozesse, die oft ungeplant bzw. ungesteuert stattfinden. Zum Beispiel geht es um einen Austausch zu Erfahrungen mit neuen Programmierungen für Module oder Prozesse und einen Austausch zu spezifischen Anwendungsfällen, die ein Anpassen neuer Technologien an die Gegebenheiten im Werk erfordern. Ersichtlich war, dass sich diese Lernhandlungen empirisch in *stärker strukturierte* und in *weniger strukturierte* Lernhandlungen einteilen.

Die *strukturierten Lernhandlungen* mit unmittelbarem Bezug zum Arbeitsgegenstand beziehen sich auf neue technische und organisationale Bedingungen am Arbeitsplatz der jeweiligen Beschäftigten. Hierbei geht es um die kollegiale Weitergabe von Wissen typischer Funktionsweisen neuer Maschinen oder Systeme oder die kollegiale Weitergabe von Erfahrungswissen über ein Zeigen und Erklären der jeweiligen Arbeitsschritte bei neuen Teamkonstellationen. Diese arbeitsintegrierten Lernhandlungen sind in den untersuchten Industriebetrieben über ein sogenanntes Peer-Learning oder Mentorings organisiert; dafür ist unterschiedlich viel Zeit veranschlagt. Verantwortlich für die Organisation dieser strukturierten Lernprozesse sind die jeweiligen Führungskräfte der betroffenen Abteilung. Sie benennen pro Schicht einzelne Personen als Pate/Patin. Bei den benannten Personen handelt es sich meist um erfahrene Beschäftigte, die ihr Wissen an Personen weitergeben sollen. Diese arbeitsbezogenen Lernhandlungen bestehen in erster Linie aus kollegialen Verständigungsprozessen. Darüber hinaus kommen beim Anlernen technische Hilfsmittel unterstützend zum Einsatz. Dazu gehören zum Beispiel selbsterstellte Videos mit standardisierten Arbeitsschritten oder animierten Handbüchern, weil das einfache

Beobachten zum Nachahmen der Handlungen im Prozess der Arbeit manchmal nicht ausreicht. In Betrieb A, B und C kommen darüber hinaus vermehrt visualisierte Anleitungen und Leitfäden zum Einsatz, weil angenommen wird, dass solche Informationen leichter als Texte zu erfassen sind. Ein Vorteil wird von den Betrieben darin gesehen, dass die Beschäftigten die Möglichkeit haben, die Unterlagen individuell abzulegen, um bei Bedarf nochmal nachzuschauen. Diese Art von Dokumenten sind im Kontext von Industrie 4.0 zunehmend digitalisiert; es waren zuvor oft papierbasierte Checklisten o.ä. Zusätzliche Auslöser für arbeitsintegrierte Lernhandlungen im Kontext von Industrie 4.0 entstehen in den untersuchten Betrieben aufgrund von Neu- oder Restrukturierungen in der Arbeitsorganisation. Beispiele für das strukturierte Anlernen sind: Das Anlernen erfahrener Arbeitskräfte, die durch Rotation an neuen Arbeitsplätzen den Umgang mit Technologien erlernen, oder auch das Anlernen neu eingestellter Arbeitskräfte oder Leihkräfte, die direkt am Arbeitsplatz eingearbeitet werden.

Die unterschiedlichen Formen des Anlernens in Industriebetrieben erfolgen überwiegend mitten im Arbeitsprozess. Beim Anlernen zeigte sich deutlich der enge Zusammenhang zwischen der Lernhandlung und der Arbeitshandlung, die beide an die Arbeitsaufgaben und die Gegebenheiten am Arbeitsplatz gebunden sind. Eine inhaltliche und eine räumliche Trennung von Arbeit und Lernen ist hierbei kaum erkennbar. Deshalb ist die Arbeitsaufgabe ein wichtiger Anlass und der Arbeitsplatz ein wichtiger Ort des Lernhandelns. Je nach Arbeitsgegenstand schwankt der Zeitrahmen strukturierter Lernhandlungen stark. Für das Anlernen von formal geringqualifizierten Beschäftigten sind in Industriebetrieben etwa zwei bis sechs Wochen vorgesehen. Andere Einarbeitungsprozesse in der Industrie können bis zu sechs Monate dauern. Bei Industriebeschäftigten sind arbeitsintegrierte Lernhandlungen weit verbreitet. Das kollegiale Anlernen, das unmittelbar am Arbeitsplatz stattfindet und direkt mit der Arbeitsaufgabe verbunden ist, gehört zu den typischen Lernprozessen. Es dient dazu, die Beschäftigten zu befähigen, mit neuen Werkzeugen, Materialien und Prozessen in ihrem Arbeitsbereich umzugehen. Das Anlernen zur Einarbeitung am neuen Arbeitsplatz betrifft zum Beispiel Leihkräfte oder formal gering qualifizierte Arbeitskräfte, die bereits länger im Unternehmen tätig sind, aber aufgrund von Personalengpässen in anderen Bereichen einer Abteilung eingesetzt werden sollen. Die Beschäftigten rotieren bei Personalengpässen zwischen verschiedenen Arbeitsplätzen und benötigen dafür teilweise andere Kenntnisse. Die befragten Führungskräfte schätzen den Lernaufwand hierbei gering ein.

Im Gegensatz dazu sind *teil- und unstrukturierte Lernhandlungen* mit unmittelbarem Bezug zum Arbeitsgegenstand besonders in unvorhergesehen Situationen zu beobachten, die als Teil der Arbeitsaufgabe eine Lernhandlung der Beschäftigten erfordert. In der Lösung solcher Probleme liegen oft *zufällige oder intuitive* Aspekte der arbeitsbezogenen Lernhandlungen, die von Beschäftigten als solche auch beschrieben wurden. Zum Beispiel kommen arbeitsintegrierte Lernhandlungen direkt im Zuge der Einführung neuer technischer Einzelanwendungen in den verschiedenen Arbeitsbereichen vor, wenn diese in bestehende Netze eingepasst werden und die Fachkräfte dabei an technische Grenzen stoßen. Im Arbeitsprozess mussten diese neuen Anforderungen von Beschäftigten in unterschiedlichster Form bewältigt werden. Außerdem müssen Beschäftigte zügig die Bedienung neuer Technologien im Rahmen ihres jeweiligen Arbeitsprozesses erlernen, so dass es zu möglichst wenigen Unterbrechungen im Produktionsprozess kommt. Ein weiteres typisches Beispiel für eine arbeitsintegrierte Lernform ist die

Arbeitsweise von Instandhaltungskräften, die mit jedem Einsatz neue Lösungen für Probleme mit den Maschinen entwickeln und dabei ihr Erfahrungswissen kontinuierlich erweitern. Hierbei spielt auch der kollegiale Austausch eine besondere Rolle; dieser kann als kollektiver Lernprozess beschrieben werden. Im Kontext von Industrie 4.0 beschreiben die befragten Beschäftigten, dass sich v. a. durch neue Teamkonstellationen der Abstimmungsaufwand erhöht. Auch die wenig bis kaum strukturierten Lernhandlungen im Arbeitsprozess erfordern im Kontext von Industrie 4.0 viele Verständigungsprozesse. Dazu gehört der Austausch im Team im unmittelbaren Problemlösungsprozess, zum Beispiel bei Instandhaltungskräften. Über die Entwicklung situativer Lösungsansätze für bestimmte Probleme im Arbeitsprozess kommunizieren Beschäftigte zunehmend mit technischen Hilfsmitteln, die sich nicht nur auf den unmittelbaren Arbeitsplatz beschränken.

5.1.2 Charakterisierung arbeitsnaher Lernhandlungen in Industriebetrieben

Arbeitsnahe Lernhandlungen sind allgemein definiert als direkte räumliche und organisatorische Verbindungen zwischen der Arbeit und dem Lernen. Die Lernhandlungen sind kein direkter Teil der Arbeitsaufgabe und finden daher nicht unmittelbar während der Ausführung einer Tätigkeit statt. Inhaltlich aber weisen diese Lernhandlungen eine große Nähe zur Arbeitsaufgabe auf. Der Lernort ist oft nicht der unmittelbare Arbeitsplatz, aber kann noch Teil des Betriebes sein (Dehnbostel, 2015; Schröder und Dehnbostel, 2021).

Die Verbindung zwischen Arbeit und Lernen strukturiert auf eine eigene Weise die Lernhandlungen von Industriebeschäftigten. Beim Lernen in Arbeitsplatznähe (Near-the Job) sind die Lernprozesse im Vergleich zu arbeitsintegrierten Lernhandlungen oft zu größeren Teilen organisatorisch vorstrukturiert. Die arbeitsnahen Lernhandlungen finden teilweise auch weniger am eigentlichen Arbeitsplatz statt und sind nicht immer direkt mit der Arbeitsaufgabe verbunden. Die befragten Beschäftigten berichten, dass diese Form der Lernhandlungen im Kontext von Industrie 4.0 eine zunehmende Rolle insbesondere für Fach- und Führungskräfte spielt. Empirisch lassen sich arbeitsnahe Lernhandlungen in *stärker strukturierte* und in *weniger strukturierte* Formen einteilen.

Strukturierte Lernhandlungen sind in den untersuchten Industriebetrieben als betrieblich organisierte Schulungen, Workshops oder auch Lernlabore in den Betrieben empirisch beobachtbar. Die Anbieterfirmen der neu eingeführten Technologien schulen ausgewählte Fachkräfte im Betrieb; bei diesen *Schulungen* handelt es sich um formalisierte Module. Die Durchführung findet überwiegend in den untersuchten Betrieben statt, aber nur selten unmittelbar am Arbeitsplatz. Diese Schulungen haben einen hohen Anwendungsbezug zur Arbeitsaufgabe und sie enden oft mit Zertifikaten. Inhaltlich geht es um die Vermittlung theoretischer Kenntnisse zur jeweiligen Maschine und den anwendungsbezogenen Transfer des Wissens, etwa für die jeweilige Maschine oder Anlage. Der Vorteil liegt aus Sicht der befragten Beschäftigten darin, dass die Lernhandlungen direkt am Praxisgegenstand stattfinden, um die Besonderheiten der jeweiligen Maschinen kennenlernen, aber sie selbst gleichzeitig vom Tagesgeschäft freigestellt werden. Je nach Schulungsmodul oder Maschinentyp dauern die Schulungen bis zu einer Woche. Im Rahmen von Industrie 4.0 sind zunehmend auch Online-Schulungen der Herstellerfirmen

zu beobachten, die betriebsintern organisiert sind. In *Workshops* geben die geschulten Beschäftigten dann ihr Wissen oder ihre Erkenntnisse an Teamkollegen weiter, denn nicht alle Fachkräfte einer Abteilung nehmen gleichzeitig an diesen Schulungen teil. In anderen *Workshops* entwickeln Fachkräfte neue Ideen für die Umstrukturierungen im jeweiligen Werk oder tauschen sich über die Ergebnisse in Pilotprojekten aus. Weiterhin sind im Kontext von Industrie 4.0 zunehmend arbeitsnahe Lernhandlungen in betriebsinternen, neu geschaffenen *Lernlaboren* erkennbar. In einigen Betrieben stehen solche speziell entwickelten Räume zur Verfügung und gerade Fachkräfte nutzen diese Räumlichkeiten etwa dazu, die Möglichkeiten neuer Technologien auszuprobieren oder im kleinen Rahmen vorläufige Anwendungen zu programmieren. Fachkräfte trainieren in diesen Räumen teilweise ergebnisoffen etwa bestimmte Störungsfälle oder typische Störbilder, die sie dann im Rahmen der Schulungen im Team weiter besprechen. Besonders kleine Teams nutzen diese Räume zum Ausprobieren und zum Austausch, aber auch Studierende im Werk, die hier ihre anwendungsbezogenen Abschlussarbeiten präsentieren. Im Rahmen all dieser arbeitsplatznahen Lernhandlungen spielen der kollegiale Austausch und die Verständigung über neue Erfahrungen oder weiterentwickelte Vorgehensweisen eine zentrale Rolle.

Weniger strukturierte Lernhandlungen sind darüber hinaus in fachspezifischen Netzwerken erkennbar. Auch hierbei ist der kollegiale Austausch ein zentrales Merkmal, denn zu diesen arbeitsplatznahen Lernhandlungen gehören Online-Netzwerke, in denen sich insbesondere Fachkräfte über die Betriebsgrenzen hinaus austauschen. Der Austausch im Netzwerk ist eher weniger stark von Betrieben strukturiert, sondern die spezifischen Themen- bzw. Interessensfelder strukturieren die Inhalte und die aktive Beteiligung der Fachkräfte. Diese Netzwerke sind thematisch unterschiedlich, wie etwa spezielle *Logistik-Netzwerke*, *Maintenance-Netzwerke* oder *Robotik-Netzwerke*. Die befragten Fach- und Führungskräfte betonen die zunehmende Relevanz fachlicher Netzwerke in Social-Media-Kanälen und die jeweiligen Austauschprozesse darin für das arbeitsbezogene Lernen.

„Man hat die gleichen Probleme, und man ruft sich an, man hat sich mal getroffen. Den Nutzen davon kann man mit Geld gar nicht darstellen. Wenn ich ein Problem habe, dann schreibe ich eine Mail oder ein Online-Meeting und habe innerhalb von einem halben Tag Feedback von drei oder vier verschiedenen Standorten, wie die es machen.“ (F6 exploratives Interview Führungskraft)

Eingebunden in die aktive Netzwerkkommunikation sind vor allem technisch ausgebildete Fachkräfte, die sich in betriebsübergreifenden Netzwerken über Themen wie *Denkfabrik* oder *Maschine Learning* austauschen. Auf diese Weise vertiefen etwa Instandhaltungskräfte ihre Kenntnisse über die Funktionen neu eingeführter Maschinen und Anlagen oder tauschen sich über typische Störbilder aus. Sie inspirieren sich beispielsweise aber auch bei anderen Firmen, welche Lösungen für bestimmte Probleme gefunden wurden oder welche neuen Konzepte sich bewährt haben.

5.1.3 Charakterisierung arbeitsorientierter Lernhandlungen in Industriebetrieben

Arbeitsorientierte Lernhandlungen sind allgemein definiert als indirekte Verbindungen zwischen dem Ort der Arbeit und dem Ort des Lernens. Arbeitsbezogenes Lernhandeln kann demnach an

institutionalisierten Lernorten stattfinden, aber auch im Privaten (Dehnbostel, 2015; Schröder und Dehnbostel, 2021).

In den untersuchten Industriebetrieben sind arbeitsorientierte Lernhandlungen vor allem organisatorisch von betrieblicher Seite vorstrukturiert. In der Regel finden diese Lernhandlungen nicht in den Betrieben der Beschäftigten statt, sind aber inhaltlich mit der Arbeitsaufgabe der teilnehmenden Beschäftigten verbunden. Die befragten Beschäftigten berichten, dass diese Form der Lernhandlungen im Kontext von Industrie 4.0 eine zunehmende Rolle insbesondere für Fach- und Führungskräfte spielt. Empirisch lassen sich arbeitsorientierte Lernhandlungen in *stärker strukturierte* und in *weniger strukturierte* Formen einteilen.

Strukturierte Lernhandlungen von Industriebeschäftigten sind auch als arbeitsorientierte Lernhandlungen beobachtbar. Die Lernorte sind oft öffentlich zugänglich, aber haben unterschiedliche Verbindungen zum Arbeitsplatz und zur Arbeitsaufgabe. Zum Beispiel haben staatliche und private Einrichtungen für die Aus- und Weiterbildung weitaus stärker strukturierte Lernziele und Ansätze als Produktionsschulen oder Lernfabriken, die sich direkt an den Spezifika der Produktion und den Arbeitsinhalten orientieren.

Zu den stärker strukturierten Lernhandlungen gehören die Schulungen, die nicht in den untersuchten Betrieben stattfinden, sondern in Bildungsinstitutionen. Die Bandbreite an Anbieterfirmen in Deutschland ist zwar hoch, aber die Teilnahme an formalisierten Schulungen in diesen Institutionen ist im Zeitraum der Untersuchung kaum feststellbar. Lediglich bei Personen, die gerade einen beruflichen Abschluss machen oder ggf. nachholen, können stark formalisierte Lernhandlungen bei Bildungsanbietern festgestellt werden. Hier sind Bildungsziele und -inhalte usw. erkennbar, die sich an Lehrplänen o. ä. orientieren und bei denen der Bezug zur jeweiligen Arbeitsaufgabe schwächer ausgeprägt ist. Im Kontext von Industrie 4.0 stellt sich aber heraus, dass Fachkräfte vor allem an strukturierten Angeboten in sogenannten Lernfabriken teilnehmen, die im Rahmen neuer technischer Entwicklungen im jeweiligen Unternehmensnetzwerk geschaffen wurden. Hier sind starke inhaltliche Bezüge zur Arbeitsaufgabe erkennbar und die befragten Beschäftigten betonen die zunehmende Rolle, die solche Lernorte für die fachspezifischen Lernhandlungen spielen. Aus dem gesamten Bundesgebiet fahren ausgewählte Fach- und Führungskräfte dorthin, um sich über neue technologische Entwicklungen zu informieren oder in realitätsnahen Modellen neue technologische Szenarien zu simulieren und sich vor Ort oder auch virtuell darüber auszutauschen. Zertifikate o. ä. sind dabei selten vorgesehen.

Teil- und unstrukturierte Lernhandlungen, die außerhalb der Betriebe stattfinden, sind insbesondere in digitalen Räumen zu erkennen. Zumeist sind diese arbeitsorientierten Lernhandlungen im Privaten zu beobachten. Vor Arbeitsbeginn oder nach Feierabend informieren sich Beschäftigte mit digitalen Endgeräten etwa auf Social-Media-Kanälen über neue technische Entwicklungen in der Branche oder recherchieren Lösungen für bestimmte Problemstellungen in der U-Bahn oder zu Hause. Andere betonen, dass sie etwa Programmierungen zu Hause im privaten Betätigungsfeld ausprobieren, um mehr Ruhe und Freiraum als im Arbeitsprozess oder im laufenden Tagesgeschäft zu haben. Diese Tendenz

nimmt laut der befragten Beschäftigten zu, da die Arbeitszeit vor Ort für diese Recherchen oft nicht ausreicht.

5.2 Analyse der subjektiven Sicht auf arbeitsbezogene Lernhandlungen

Zur Frage, wie die Beschäftigten im Kontext von Industrie 4.0 sich neues Wissen aneignen, wurden subjektive Sichtweisen der befragten Beschäftigten auf ihre arbeitsbezogenen Lernhandlungen vertieft analysiert. Die unterschiedlichen Lernhandlungen sind durch spezifische Technologien und Dynamiken im Arbeitsprozess gekennzeichnet. Deshalb sind die jeweiligen Lernhandlungen in der direkten Produktion und in den produktionsnahen Dienstleistungen für die zentralen Funktionsbereiche des vertieft untersuchten Produktionsbetriebes A gesondert ausgeführt, um die spezifischen Herausforderungen beim arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 herauszuarbeiten.

5.2.1 Arbeitsbezogene Lernhandlungen in der Bestückung

Aus Sicht der befragten Beschäftigten überwiegen in der THT-Bestückung teilstrukturierte Anlernprozesse, die als Mentoring-Konstellation organisiert sind. Sie erleben das schichtübergreifende Anlernen durch Mentoren und Mentorinnen als hilfreich für das eigene Lernen, weil sie durch das Abschauen viel lernen. Ihnen geht es im Kontext von Industrie 4.0 darum, mit neu eingeführten Automaten und Maschinen richtig umzugehen. Die Beschäftigten unterstreichen, dass durch selbstgesteuertes Aufschreiben der Funktionsweisen oder durch die selbstständige Auseinandersetzung mit Funktionsstörungen der neuen Technologien auch die Aneignung neuer Technologien leichter ist. Sie weisen aber auch darauf hin, dass die Phase nach dem Anlernen durch Mentor*innen mit einem erhöhten Anpassungsdruck verbunden ist, weil das arbeitsbezogene Lernen parallel zum Tagesgeschäft stattfindet. Dies wurde gerade zu Beginn von Beschäftigten als Stress erlebt, der erst nach einer Gewöhnungsphase von ca. 6-12 Monaten wieder nachließ.

„Es gab keine weitere Vorbereitung auf die neue Maschine mit einer Schulung oder so. Alles Wissen wurde im Anlernprozess vermittelt durch Mentoren. Ich hatte dann anfangs einen Mentor, der alles gezeigt hat und den ich angerufen habe, wenn was war (...) auch in der Nachtschicht. Nach dem Anlernen wurde ich oft allein gelassen und ins kalte Wasser mehr oder weniger geschmissen und dadurch habe ich die Fehler immer wieder auch selbst gefunden ... naja, da musste ich dann auch irgendwie zusehen (...) Dann habe ich meinem Mentor zugesehen und versucht mir vieles zu merken und habe auch vieles aufgeschrieben, immer wieder alle Fehler aufgeschrieben und auch selbst behoben. Dann hat sich die Angst (vom Anfang) von allein gelegt. Ich will Neues Lernen. Neugierde ist doch klar, das ist aber auch eine Typfrage.“ (F2 Beschäftigte*r 2 #00:43:00-4#)

„In der Nachtschicht war ich schnell auf mich allein gestellt. Das war für mich sehr stressig, man hat Angst was kaputt zu machen oder irgendetwas falsch zu machen. Erst nach sechs bis zwölf Monaten hat sich das für mich normalisiert, denn ich habe immer wieder alle Fehler aufgeschrieben, um daraus zu lernen. Das hat mich am Anfang viel Zeit gekostet, und im Alltag wird das nicht immer berücksichtigt. Es gab keine Vorbereitung auf die neue Maschine. Alles Wissen wurde mitten in der Produktion vermittelt. Jetzt gebe ich dann mein Wissen weiter. Ich bin eine Mitarbeiterin, die oft gelobt wird und

die nun gerne an diesem Automaten arbeitet und auch gerne das Wissen, das ich gelernt habe, weitergebe...“ (F2 Beschäftigte/r 2 #00:05:45-4#)⁴⁰

Die befragten Beschäftigten stellen im Verlauf der Studie fest, dass sie aufgrund der neuen Assistenzsysteme an den Bestückungsautomaten seltener Fehler machen oder falsche Teile entnehmen, denn die Maschine „erkennt“ Eingabefehler o. ä. sofort und reagiert mit Störmeldungen. Nur in sehr seltenen Fällen können sie diese Probleme selbstständig lösen. Selbst wenn sie technische Störungen aufgrund ihrer Erfahrungen selbst beheben könnten, fehlen ihnen formale Bescheinigungen, die sie zu diesen Arbeitshandlungen offiziell befähigen. Aufgrund der Erfahrungswerte mit „ihrer“ Maschine bemerken sie schnell abweichende Geräusche und könnten entsprechend reagieren. Dennoch finden arbeitsbezogene Lernhandlungen informell im Team durch die Interaktion mit den Fachkräften statt, die aber nicht formal und monetär nicht anerkannt sind. Sie sind auf technisch ausgebildete Fachkräfte angewiesen und müssen ihre Arbeitshandlungen unterbrechen und warten. Aus ihrer Sicht benötigen sie weiterhin ihr Erfahrungswissen und Routinen zur Ausführung der manuellen Bestückung, weil sie zwischen der Arbeit am Automaten und der Arbeit ohne Automaten wechseln.

Nicht alle Beschäftigten sind durch ein Anlernen befähigt, an Bestückungsautomaten zu arbeiten. Strukturierte Schulungen im Betrieb oder institutionalisierte Schulungen, die über die Bedienung der jeweiligen Maschine hinausgehen, sind nicht erkennbar. In einigen Ausnahmefällen haben die Beschäftigten die Bedienung durch eine kurze Einführung am Arbeitsplatz erlernt und nachdem sie die Maschinenbedienung sicher beherrschten, wurden sie selbst zu Mentor*innen ernannt, was sie subjektiv als Wertschätzung erleben. Von den Chancen, sich selbst zu Mentor*innen zu entwickeln, um weitere Beschäftigte anzulernen, berichteten sie mit Stolz; inzwischen nehmen sie sich als Spezialisten ihrer Maschine wahr. Allerdings fehlen hier eine didaktische Vorbereitung und eine monetäre Anerkennung.

Etwas anders stellt sich die Lage in der SMT-Bestückung dar. Im Kontext von Industrie 4.0 und mit der Einführung automatisierter SMT-Linien nimmt die Automatisierung zu und viele manuelle Eingriffe entfallen daher. Seltener arbeiten formal geringqualifizierte Beschäftigte an einer automatisierten SMT-Linie, etwa um Materialien usw. nachzufüllen. Aufgrund der erhöhten Automatisierung der Maschinen und Anlagen, die es in dieser Form zuvor nicht gab, ist ein größeres Wissen über die Funktionsweisen der komplexer werdenden Maschinen und Anlagen erforderlich. Diese Anforderungen nehmen mit der Vernetzung automatisierter Fertigungslinien zu. Aus Sicht der Führungskräfte verschiebt sich die Arbeit mit SMT in den Fachkräftebereich, die höheren Anforderungen sind verbunden mit einem höheren Entgelt. Die Anlernprozesse an einer SMT-Linie werden von Führungskräften mit ca. 6-12 Monaten ebenfalls als umfangreicher eingeschätzt.

„Jetzt muss der Maschinenbediener mit den Maschinendaten arbeiten. Da braucht er schon ein bisschen mehr Kenntnisse als sonst. Mit der Teamzusammenstellung wird sich herausstellen, wer Qualifizierungsbedarf hat und dann werden die alle nochmal geschult. Die Teamstruktur

⁴⁰ Anmerkung: Diese Zitate wurden in Zwischenberichten vorveröffentlicht, zum Beispiel in WZB-Mitteilungen (2018).

zusammenstellen und dann nochmal prüfen, welche Kompetenzen werden gebraucht.“ (F2 Bestückung 1 #00:41:30-2#)

„Dann ist das ein neuer Ausbildungsberuf, was es bisher noch nicht gab. Auch das ist individuell auf uns zugeschnitten. Aktuell ist das alles Anlerntätigkeit, aber wir haben auch schon zwei Leute jetzt, ab diesem Jahr, die Maschinen- und Anlagenführer werden. Das ist ein neues Berufsbild ... das haben wir uns selbst gebaut.“ (F2 Bestückung 1 #00:45:00-4#).

Vor ein paar Jahren gab es für diese Tätigkeiten keine speziellen Berufsbilder. Inzwischen gibt es einen Ausbildungsberuf für die Maschinen- und Anlagenbetreuung, der die relevanten Kenntnisse für die Bedienung der automatisierten Fertigungslinien und das dazugehörige Software- und Programmierwissen vermittelt. Die Beschäftigten, die für die Bedienung, Steuerung und Kontrolle an den Maschinen und Anlagen verantwortlich sind, sind deshalb inzwischen überwiegend technisch ausgebildete Fachkräfte. In ca. sechs bis zwölf Monaten werden die Beschäftigten während der Einführung neuer Technologien punktuell von Herstellerfirmen begleitet und strukturiert angeleitet. Darüber hinaus eignen sich die Beschäftigten durch selbstgesteuerte Lernhandlungen arbeitsintegriert neues Erfahrungswissen an. Zum Beispiel, wenn sie Störungen an den SMT-Bestückungslinien beheben. Dies findet während der eng getakteten Produktion statt.

Aus Sicht der befragten Führungskräfte entstehen im Kontext von Industrie 4.0 viele Chancen, aber auch Herausforderungen für die Qualifizierung der Beschäftigten in der Bestückung. Eine Chance liegt demnach in der Veränderung der Arbeitsorganisation. Mit der Bildung neuer Teamkonstellationen oder Tandems ist es die Idee, den fachlichen Wissenstransfer als kollegiales *Peer-Learning* zu fördern. Spezifische Teams werden zusätzlich durch Herstellerfirmen geschult und geben ihr Wissen sukzessive an die Beschäftigten in der Abteilung weiter.

„Im Regelfall ist das so, dass wir ein Kompetenzteam aufbauen, das vom Hersteller geschult wird, und dann haben wir einen Wissensstand. Das Kompetenzteam schult dann in die Tiefe andere Kollegen weiter. (...) Der Kompetenzaufbau richtet sich nach der Teamzusammenstellung und die Beschäftigten werden bei Bedarf nach dem Umzug und nach der neuen Teamzusammenstellung nachgeschult. Die vorher geschulten Beschäftigten werden dann zu den „großen Wissensträgern“. Und die machen die anderen fit. Sie sind Paten. Die Dauer solcher Prozesse ist je nach Komplexität vielleicht ein halbes Jahr (...) Kann der was? Bringt es uns was? Wird er es nie verstehen? - Kann er das, traue ich ihm das zu, wird er es verstehen? (...) Also nur, weil einer sagt „ich will“, da ist ja auch eine monetäre Geschichte dahinter, muss man halt immer abwägen. Natürlich sollen alle dahin nachher, aber es gibt halt auch ein paar Grenzen, wo Du sagst, das funktioniert nicht.“ (F2 Bestückung 1 #00:46:42-6#)

Die Führungskräfte weisen darauf hin, dass sie für die Herstellerschulungen einige Beschäftigte auswählen, da pro Jahr nur bestimmte Schulungsbudgets freigegeben werden. In jährlichen oder auch halbjährlichen Entwicklungsgesprächen ermitteln Führungskräfte den individuellen Lernbedarf und machen auf bestimmte Maßnahmen zur Qualifizierung aufmerksam. Für die Auswahl der Beschäftigten, die zu einer Schulung gehen können, nutzen sie zunehmend auch technische Hilfsmittel.

„Dazu kommt aus der Abteilung eine Matrix, wo ich draufgucken kann, wer hat welchen Kurs gemacht. Dann habe ich eine große Übersicht, wer arbeitet in welchem Team, dann weiß ich, was die Teams machen. Und da

ist reingeschrieben, wer welche Kompetenz hat. Am Computer sehe ich dann aus den Personaldaten, wer wie eingestellt ist. Ohne jetzt in die Personalabteilung einzubinden.“ (F2 Bestückung 2 #00:37:15-1#)

Aus Sicht der meisten Führungskräfte kommt es aber auf die Erfahrungen in der Personalführung an, die sie über die Jahre erwerben. Einige Führungskräfte betonen, dass sie bisher erfahrungsbasierte Entscheidungen zur Qualifizierung von Beschäftigten getroffen haben und persönliche Gespräche und Beobachtungen bevorzugen, um den Qualifizierungsbedarf zu erfassen und „richtige Kandidaten für Talententwicklung“ zu finden. Sie erwarten von Beschäftigten, dass diese in den Gesprächen ihren Lernbedarf klar und deutlich zum Ausdruck bringen. Erfahrene Führungskräfte verlassen sich bspw. lieber auf ihren sogenannten „Kompetenzblick“, den sie über die Jahre entwickelt haben und mit dem sie im Hinblick auf die Kompetenzentwicklung in ihren Teams Entscheidungen zur Weiterentwicklung in den Teams treffen.

„Über die Potenziale zur Qualifizierung habe ich alles Wissen im Kopf. Dafür fordere ich keine Akten aus der Personalabteilung an. Ich weiß doch, wer was macht.“ (F2 Bestückung 1 #00:36:21-0#)

Bei einer Gruppe in der Größenordnung von ca. 200 Mitarbeiter*innen erscheint eine Beurteilung zumindest fragwürdig. Führungskräfte betonen, dass die durchgängige Qualifizierung der Beschäftigten im Kontext von Industrie 4.0 eine wichtige Bedeutung hat und es in den Betrieben die Erfahrung gibt, dass Hersteller von neuen Maschinen oder Anwendungen individualisierte Schulungsangebote bereitstellen. Allerdings fokussieren sich diese Schulungsangebote auf bereits technisch vorgebildete Fachkräfte. Das beinhaltet Grenzen für die Weiterqualifizierung formal gering qualifizierter Beschäftigter, die selten für solche Schulungen ausgewählt werden.

„Also, bei der Menge Mensch, die da nachher sind, sind wir eher auf dem Weg und das ist ja heute gang und gäbe, dass wir wissen, was wir wollen und anfragen, „bau uns mal einen Kurs“. Dann wird der kalkuliert und dann kommen die her. Das Schulungsangebot wird intern auf den Bedarf zugeschnitten. Es kommt nichts, was nicht gebraucht wird und niemand erzählt irgendwas von der Stange. Die Anbieter solcher Angebote sind die Hersteller. Es kommt kein zusätzliches Bildungsangebot z.B. für Kompetenztraining oder Angelehrte.“ (F2 Bestückung 1 #00:42:30-6#)

Einige Führungskräfte nutzen entwickelte Ansätze, um die Lernbereitschaft zu fördern. Zum Beispiel ermutigen sie die Beschäftigten, ihre Ideen in Programme zur kontinuierlichen Verbesserung (KVP) einzubringen. Aus den eingebrachten Ideen leiten die Vorgesetzten bspw. einen individuellen Qualifizierungsbedarf ab.

„Im Teammeeting sind manche sehr zurückhaltend, reichen aber eine völlig durchdachte Idee in KVP ein, die umsetzungsreif ist. Wir Führungskräfte lernen durch diese Form etwas über die Potenziale der Leute, die nichts mit formalisierten Abschlüssen oder mit Talentgesprächen zu tun haben. Das ist eine große Chance, die richtigen Mitarbeiter/innen zu fördern.“ (F1 Bestückung 1, 1.03.2018)

Andere Führungskräfte nehmen an, dass Fachkräfte nur wenige Impulse zum Lernen benötigen und diese eine durchgängig hohe Lernbereitschaft im Vergleich zu weniger vorgeschultem Personal haben. Diese impliziten Vorannahmen beeinflussen die Auswahlprozesse für Maßnahmen zur Personalentwicklung in einem starken Maß.

Im Kontext von Industrie 4.0 kommt es mit der Einführung neuer Technologien, Maschinen und Anlagen in der Bestückung aber auch zu Einschränkungen in der Lernbereitschaft. Die Frustration bei Beschäftigten entsteht durch fehlende Einbindung und fehlende Aussichten auf mehr Anerkennung, auch im Entgelt. Außerdem wünschen sich viele formal gering qualifizierte Beschäftigte mehr Teamgefühl im Veränderungsprozess und vermehrt Informationen zur Einführung neuer Anwendungen, die auch außerhalb ihres direkten Arbeitsplatzes liegen. Fehlendes Feedback von Vorgesetzten zum Umgang mit neuen Anwendungen sorgt für weitere Schwankungen in der Lernbereitschaft.

„Die Aufgaben macht schon jeder für sich. Einmal die Woche, wo eine Runde stattfinden soll, wo man dann Informationen kriegt, das fehlt. (...) Im Moment gibt es keine wöchentliche gemeinsame Teamrunde. Wir würden es uns wünschen. Wenn Fehler passiert sind, geht er (Teamleitung) zu demjenigen hin, redet mit der Person, aber dieses Allgemeine fehlt. Wir wollen alle mitdenken.“ (F5 Fertigung Bestückung 3 #00:45:06-6#)

Der vertieft untersuchte Betrieb A hat aus diesem Grund abteilungsübergreifende Informationsangebote geschaffen. Allerdings verhindern enge Produktionstaktungen oft, dass sich die Beschäftigten ausreichend Freiraum zum Lernen nehmen können. Zudem lassen taktgebundene Arbeitsprozesse nur wenige Handlungsspielräume zum arbeitsbezogenen Lernen am Arbeitsplatz und in der Nähe der Arbeitsplätze zu.

5.2.2 Arbeitsbezogene Lernhandlungen in der Montage

Aus Sicht der Beschäftigten in der Montage überwiegen – ähnlich wie in der THT-Bestückung – teilstrukturierte Anlernprozesse. Wie zuvor bezieht sich das Anlernen vorwiegend auf das Einüben manueller Montageschritte und die Bedienung der PC-Programme zum Starten der Assistenzsysteme. Die Anlernprozesse in der manuellen Montage sind als kurzzeitige Paten- bzw. Mentoring-Konstellation für ca. zwei Monate organisiert. Aus Sicht der Beschäftigten ist das schichtübergreifende Anlernen durch Mentor*innen hilfreich. Für den Austausch mit Kollegen und Kolleginnen bleibt aufgrund der engen Produktionstaktung wenig Zeit, wäre aber aus Sicht der Beschäftigten für informelle Lernprozesse wichtig, um zum Beispiel wiederkehrende Fehler zu vermeiden. Andererseits betonen die erfahrenen Beschäftigten, dass es mit Assistenzsystemen seltener zu Fehlern kommt, da sie die Montageprozesse bereits ohne Assistenzsysteme erlernt haben. Für die neu eingeführten Roboter ist bislang kein Anlernen für geringqualifizierte Beschäftigte in der Montage vorgesehen, obwohl ein großes Interesse zur einfachen Bedienung seitens der Beschäftigten besteht.

Wie zuvor führen viele Beschäftigte trotz der Einführung digitaler Assistenzsysteme die Montageschritte weiterhin manuell aus und die Arbeitsprozesse bleiben taktgebunden. Einige Beschäftigte stellen fest, dass sich die wenigen Handlungsspielräume mit neuen Assistenzsystemen weiter verengen. Die Assistenzsysteme übernehmen viel vom Montagewissen der Beschäftigten, wenn jeder Schritt vorgegeben und angezeigt wird. Einige Wissensbestände sind weniger gefragt als zuvor, denn Roboter übernehmen im Verlauf der Studie zunehmend Teilaufgaben der Beschäftigten. Für die Beschäftigten, die zuvor die manuelle Montage ausgeführt haben, entstehen allerdings kaum neue Tätigkeitszuschnitte, die sich auf die neu eingeführten Technologien beziehen. Kurzzeitige Lernprozesse finden nur bei Beschäftigten statt,

die in einen anderen Teil der Abteilung wechseln. Der Anreiz zum Lernen bleibt aus Sicht der Beschäftigten zu gering und neue Lernprozesse sind kaum erforderlich.

Chancen zur Qualifizierung erhalten hingegen technisch ausgebildete Fachkräfte, die bspw. den neuen Kompetenzteams zugeordnet sind. Diese Teams bestehen oft aus spezialisierten Fachkräften, zum Beispiel zum Thema Robotik, Automatisierung usw. Die Beschäftigten in den Kompetenzteams sind speziell dafür ausgewählt und organisatorisch neuen Teams zugeordnet. Im Unterschied zu formal gering qualifizierten Beschäftigten haben die Fachkräfte zuvor an unterschiedlichen Herstellerschulungen teilgenommen; arbeitsintegrierte Lernhandlungen finden in einem gesteigerten kollegialen Austausch im Prozess der Arbeit statt. Diese kommunikativen Lernhandlungen entstehen im Umgang mit neuen Robotern und Maschinen, im Austausch über neue Funktionsweisen während der Einführung neuer Technologien oder in der situativen Entwicklung von Problemlösungen. Das dabei neu entstandene, kollektiv gebildete Wissen bleibt allerdings oft noch innerhalb der Kompetenzteams verhaftet und Zertifikate sind hierfür nicht vorgesehen.

„Dafür habe ich mir Programmierkenntnisse (in der Ausbildung und privat) angeeignet, wurde durch Schulungen befähigt, mit den Robotern umzugehen. Auch durch den regelmäßigen Austausch mit meinen Kollegen ziehe ich mein Wissen. Mehr und mehr lernt man dann hier vor Ort durch den täglichen Umgang, wie die Roboter funktionieren.“ (F1 Beobachtungsinterview 2018 Kompetenzteam 1 19.03.2018).

Die kollegialen Lernprozesse in den Tandems sind ähnlich wie Patenschaften organisiert. Gerade zu Beginn der Studie und besonders in Pilotprojekten sind es oft Fachkräfte, die eng mit externen Anbietern technischer Lösungen zusammenarbeiten und sich beim Hersteller Informationen zu den neuen Anwendungen beschaffen. Die ausgewählten Fachkräfte sind speziell geschult und geben ihr neues Wissen zu den Funktionsweisen an Maschinen und Anlagen meist an formal geringqualifizierte Beschäftigte in der Montage sukzessive direkt am Arbeitsplatz weiter. Oft haben auch hier Führungskräfte die Beschäftigten nach ihren Kriterien ausgewählt und schreiben den ausgewählten Fachkräften eine besonders hohe Lernbereitschaft und hohe Technikaffinität zu. Äußerst selten sind diese ausgewählten Beschäftigten didaktisch geschult worden. Zu Beginn der Studie gibt es noch viel Unklarheit, wie die Lernprozesse mit der Einführung neuer Maschinen und Anlagen organisiert werden sollen. In der Vergangenheit wurden einige Beschäftigte mit Schulungen auf bestimmte Maschinen spezialisiert, wenn der Lernbedarf von Vorgesetzten wahrgenommen wurde. Bei Schulungen zu bestimmten Maschinen wünschen sich die Beschäftigten, dass diese Unterschiede aufgehoben werden.

„Dadurch, dass es ja alles neu ist, wissen wir noch nicht, wie es ablaufen wird. Es ist so, dass natürlich es innerhalb des Teams schon einige Maschinenspezialisten gibt, die dann natürlich auch gefragt werden und ihre Wünsche äußern können und dergleichen. Insofern wird das aus dem Team heraus, aus den jeweiligen Fachgremien eine Person dabei sein. Dann wird geguckt, welche Bedarfe gibt es. Gerade beim Thema Instandhaltung maschinenspezifische Schulungen, sollten möglichst alle halbwegs auf einem gleichen Stand sein. Dass dann immer noch individuelle Sachen dazu kommen, ist ganz klar, aber zumindest was das Thema Maschinenschulungen betrifft, sollte schon ein möglichst gleicher Zustand sein. Hier wird oder wurde in der Vergangenheit der Versuch unternommen, einen Teil der Gruppe zu schulen, die dann wiederum den Rest der Gruppe schulen.“ (F2 Instandhaltung 3 #00:23:28-1#)

Am Ende der Studie stellt sich heraus, dass ein arbeitsintegriertes Lernen im Tandem problematisch sein kann. Beschäftigte zweifeln an der Art und Weise dieser Wissensvermittlung und den entsprechenden Rahmenbedingungen zum arbeitsintegrierten Lernen.

„Ich zweifle an dem System, weil ich an den Fähigkeiten der Mitarbeiter zweifle, Wissen zu vermitteln. Denn dazu bedarf es einfach gewisser Fähigkeiten, Fertigkeiten, die ich mir selbst sogar nur bedingt zutraue. Also ich weiß, dass ich ein guter Lehrer sein kann, dazu müssen die Rahmenbedingungen aber passen. Arbeit ist für mich keine passende Rahmenbedingung, habe ich festgestellt. Wobei das auch nur bedingt stimmt, also da spielen dann Sympathien eine Rolle etc. pp. Aber ich halte mich nicht für geeignet, nachdem ich von einem Hersteller geschult wurde, dieses Wissen ausreichend weitervermitteln zu können.“ (F6 Instandhalter 2 #00:07:20-3#)

Aus Sicht von Beschäftigten gelingt die Umsetzung von kollektiven und arbeitsintegrierten Lernprozessen aus mehreren Gründen nicht: Erstens können durch den zeitlichen Verzug zwischen der Schulung beim Maschinenhersteller und der internen Wissensweitergabe gerade bei komplexen Themen wichtige Informationen verlorengehen. Zweitens stehen die Personen für den Zeitraum des Lernens nicht für ihre täglichen Aufgaben zur Verfügung; mit einer dünnen Personaldecke erzeugt dies eine Verdichtung und Stress. Drittens sehen sich Fachkräfte bei einigen Schulungen nicht in der Lage, ihr Wissen an andere Kollegen und Kolleginnen weiterzugeben, weil die Schulung bereits unstrukturiert war und sie dadurch selbst nicht genug Verständnis für die Maschine aufbauen konnten, um es dann gezielt weiterzugeben. Auch die Qualität der Notizen bzw. Schulungsunterlagen wird in diesem Zusammenhang angeführt. Viertens sind die Beschäftigten teilweise didaktisch nicht geschult, so dass die Weitergabe von Wissen auch nach qualitativ hochwertigen Schulungen im Betrieb dann eher unsystematisch erfolgt. Einige Beschäftigte trauen sich nicht zu, im Arbeitsumfeld ihr Wissen an das Team weiterzugeben und haben die Sorge, dass sie mit bestimmten Gruppendynamiken nicht umgehen können. Nicht zuletzt spielen individuelle Gründe ebenfalls eine Rolle. Das kann Sympathie oder Antipathie gegenüber einzelnen Kollegen*innen sein oder eine fehlende interne Anerkennung, weil die Beschäftigten (die das Wissen vermitteln sollen) selbst keine jahrelange Erfahrung haben und sich teilweise von erfahrenen Beschäftigten nicht ernst genommen fühlen.

5.2.3 Arbeitsbezogene Lernhandlungen in der Instandhaltung

Aus Sicht der befragten Beschäftigten in der Instandhaltung überwiegen im Kontext von Industrie 4.0 arbeitsintegrierte Lernhandlungen auch in diesem Funktionsbereich. Die Beschäftigten in der Instandhaltung betonen, dass sie für die Entwicklung von Lösungsansätzen trotz vieler technisch generierter Kennzahlen vor allem ein Gespür für die neuen Maschinen und Anlagen benötigen und deshalb die Erfahrungswerte und Sinnesempfindungen weiterhin eine wichtige Rolle beim Vortasten zur Störungsquelle spielen. Arbeitsintegriertes Lernen halten die befragten Instandhaltungskräfte bei der Bewältigung ihrer Arbeitsaufgaben für essenziell. Sie denken, dass man diese Fähigkeiten schlecht in einer Ausbildung lernen kann, weil es eine „Typensache“ ist, sich neugierig an technische Prozesse heranzutasten. Für junge und frisch ausgebildete Instandhalter ist der Berufseinstieg daher oft nicht leicht, denn sie haben wenig Berufserfahrung. Erfahrene Kollegen stehen jungen Kollegen oft skeptisch gegenüber, weil sie annehmen, dass aus der mangelnden Berufserfahrung oft Notlösungen entstehen und

erst jahrelange Erfahrungen mit Maschinen und Produktionsprozessen zu anderen Lösungen führen. Darüber hinaus haben sie die Erfahrung gemacht, dass frisch ausgebildete Fachkräfte in der Instandhaltung nicht sinnvoll eingesetzt sind, weil diese sich oft nach ihrer Fachausbildung noch für ein Studium entscheiden. Aus diesem Grund hat sich im Laufe der letzten Jahre etabliert, dass frisch ausgebildete Instandhaltungsfachkräfte zunächst für einige Monate in verschiedenen Fertigungsbereichen in der direkten Produktion mitarbeiten, um die Einrichtung der Maschinen und die Produktionsabläufe kennenzulernen. Der anschließende Wechsel von der direkten Produktion in die Instandhaltungsabteilung wird dann subjektiv als ein Aufstieg wahrgenommen, der allerdings unabhängig von Industrie 4.0 zu verstehen ist.

„Für mich war es ein Aufstieg. Für mich ist es ein Privileg, hier arbeiten zu können in der Instandhaltung. Und ich habe halt auch immer versucht, schon als Maschinenbediener, tiefer in die Materie zu kommen, Fragen zu stellen, warum die Maschine das so macht, wenn jetzt irgendein Service-Techniker da ist oder ein Instandhalter oder wie auch immer. Versuche auch jetzt als Instandhalter, wenn die Fehlerbehebung erledigt ist, den Kollegen, die gerade an der Maschine stehen, zu sagen was passiert, warum es passiert ist. Und ob man es in Zukunft vermeiden kann oder ob man schneller darauf achten kann oder solche Sachen.“ (F2 Instandhalter 3 #00:41:23-8#)

“Es war auf jeden Fall eine große Veränderung, die ich mir ja auch gewünscht habe, deshalb wollte ich in die Instandhaltung. Ich habe entsprechend mehr Freiheiten bekommen, sei es jetzt aus der Schicht raus oder in der Abarbeitung meiner Arbeiten.“ (F6 Instandhalter 3 #00:03:13-5#)

Im Kontext von Industrie 4.0 gehören Herstellerschulungen für technisch ausgebildete Fachkräfte der Instandhaltung zusätzlich zur üblichen Form der Wissensaneignung dazu. Arbeitsplatznahe Lernen organisieren Führungskräfte in Kooperation mit den Herstellerfirmen. Die organisierten Herstellerschulungen finden überwiegend in den untersuchten Betrieben oder in anderen Betrieben des Unternehmensnetzwerkes statt. Beim arbeitsplatznahen Lernen kommen aus den Herstellerfirmen bspw. Fachkräfte für Systemtechnik direkt in die Betriebe und zeigen den Beschäftigten bei der Neueinführung von Maschinen und Anlagen in umliegenden Räumen des Arbeitsplatzes die Anwendung. In Ausnahmefällen – wie etwa bei sehr großen und komplexen Maschinen und Anlagen – werden Beschäftigte für mehrere Tage direkt in die Schulungszentren der Herstellerfirmen entsendet. Neben den herkömmlichen Schulungen in Industriebetrieben kommen für die Wissensvermittlung zunehmend Online-Schulungen bei technisch ausgebildeten Fachkräften zum Einsatz.

„Wenn man dann an der Maschine geschult ist und die Störung schneller beseitigen kann, auch eine Erleichterung beim Arbeiten sein.“ (F6 Instandhaltung 2 #00:40:39-6#)

„Wenn du eine Schulung an der Maschine hast, suchst du natürlich bestimmte Fehler anders. Unter Umständen bist du auch besser dran, was die Bedienung der Maschine betrifft, also die Software und so weiter. Das Wissen fehlt, da brauche ich dann schon Unterstützung vom jeweiligen Maschinenbediener, aber die hole ich mir dann zur Not.“ (F5 Instandhalter 3 #00:08:00-5#)

In diesen arbeitsnahen Schulungen geht es inhaltlich um die Vermittlung theoretischer Kenntnisse über die jeweilige Maschine und um den strukturierten Wissenserwerb für neue Maschinen. In

vorstrukturierten Modulen trainieren die Fachkräfte ihr Anwenderwissen, zum Beispiel über bestimmte Fälle von Störungen oder typische Störbilder.

„Wir sind da gestern angekommen und wir wussten nicht, wie welche Maschine womit und wann und warum kommuniziert. Und wir standen davor. Es gab für uns keinen ersichtlichen Grund. Und das ist eben das Problem, dass zum Teil Du eben falsche Fehlermeldungen kriegst von der Maschine Es gab Zeiten, da war ja die Anzahl an Informationen begrenzt, die Du auswerten konntest, einfach durch Rechnergröße. Und da haben wir das bei einigen Maschinen schon, dass wir falsche Fehlermeldungen kriegen, einfach weil bestimmte Sachen gruppiert wurden, um überhaupt eine Info rausgeben zu können. Hinter einer Fehlermeldung können drei oder vier verschiedene Fehler stecken, was Du erst rauskriegen musst.“ (F6 Instandhalter 1 #00:12:44-0#)

Die Inhalte der Schulungen beziehen sich auf die Funktionsweisen einzelner Komponenten und die Verknüpfung von Komponenten. Teilweise geht es um die Analyse von digital erzeugten Messwerten. Darüber hinaus geht es in solchen Schulungen um die Anwendung und den Transfer des Wissens an der jeweiligen Maschine oder Anlage. Beispielsweise erklären die Herstellerfirmen den Fachkräften vertiefend die Funktionen einzelner Komponenten, die für eine Wartung wichtig sind. Die Beschäftigten in der Instandhaltung lernen somit direkt am Praxisgegenstand die Besonderheiten der jeweiligen neuen Maschinen oder komplett neue Komponenten der Maschinen kennen. Viele Module sind so ausgelegt, dass Lösungen im Team entwickelt und besprochen werden. Je nach Maschinentyp dauern die Schulungen ca. eine Woche; die ausgewählten Fachkräfte werden für diese Zeit entsendet. Bei solchen Schulungen von Herstellern handelt es sich um formalisierte Schulungen mit einem hohen Anwendungsbezug, die auch mit Prüfungen und Zertifikaten abgeschlossen werden können.

Aus Sicht der Beschäftigten sind Herstellerschulungen zu spezifischen Maschinen vorteilhaft, denn sie benötigen möglichst detailliertes Wissen und Erfahrungen für ihre tägliche Arbeit. Weiterhin ermöglichen Herstellerschulungen den Erwerb neuen Wissens zu Verknüpfungen der Maschinen. In vielen Schulungen gibt es die Möglichkeit, in Zusammenarbeit mit anderen Teilnehmer*innen eine Fehlersuche durchzuführen. Die Beschäftigten sehen das als großen Vorteil an, da in Herstellerschulungen die Teilnehmenden aus verschiedenen Unternehmen kommen und ein Austausch unter Fachkräften direkt im Anwendungs- und Lernprozess stattfindet. Aus Sicht der Beschäftigten wirkt sich außerdem die Vergabe von Zertifikaten in Herstellerschulungen motivierend aus, weil sie es als Anerkennung der Lernprozesse wahrnehmen.

„Es war auch viel Theorie dabei, aber wir haben dann auch diverse Sachen ein- und ausgebaut, um es einfach mal gemacht zu haben. Was nicht so häufig vorkommt, aber gegebenenfalls bei einer Störung mal passieren kann. Der große Abschlusstest war dann im Endeffekt, dass der Schulende die Maschine mit verschiedenen Fehlerbildern bestückt hat und uns und wir mussten die Fehler suchen.“ (F3 Instandhaltung 3 #00:28:50-5)

Aus Sicht der Fachkräfte bestehen Nachteile in Herstellerschulungen darin, dass sie oft ein sehr spezifisches Wissen für den Umgang mit einem einzigen Maschinentypus erwerben und sich damit der Blick auf die Digitalisierung verengt. Dadurch fehlen ihnen ein „übergreifendes Wissen und teilweise sogar bestimmte IT-Grundlagen, die aber für die Entstörungen und Wartungen wichtig sind.“ (F6-Instandhalter 1 #00:06:14-1#). Außerdem variiert die Qualität und die Tiefe des Wissens nach

Schulungsgebern erheblich und die Umsetzung hängt vom wirtschaftlichen Erfolg der Herstellerfirmen ab.

„Die Schulungen sind immer abhängig vom Maschinenhersteller, welcher Servicetechniker jetzt da ist usw., und da gab es sehr gute Schulungen, aber auch nicht so gute Schulungen. Wobei auch bei manchen Schulungen, gerade die, die nicht so gut liefen, die auch gar nicht unbedingt nötig waren für uns, weil es keine sehr komplizierten Maschinen sind. Ein Förderband zum Beispiel ist einfach leicht zu reparieren.“ (F2 Instandhaltung 3 #00:07:50-3#)

„Es kommt auf die Firmen an, es kommt auf die Umsetzung an, also wie lange machen die schon Schulungen? Zum Beispiel bei der Firma X (Marktführer), die uns jetzt bisher immer vor Ort hier geschult haben (...) einige Servicetechniker dann nicht so geschult wie andere Servicetechniker, die schon von vornherein seit Ewigkeiten, dort arbeiten und auch entsprechend von ihrer Firma geschult werden. Das krasse Gegenbeispiel wäre das Schulungszentrum in München, wo dann die Leute in kleinen Gruppen mit sechs, sieben Leuten geschult werden. Und da nimmt man das Wissen natürlich viel besser mit.“ (F6 Instandhalter 2 #00:47:46-7#)

Aus Sicht der Beschäftigten ist arbeitsbezogenes Lernen mit Ambivalenzen verbunden. Einerseits erachten die Beschäftigten das Lernen für die Bewältigung der neuen Anforderungen in ihrem Tätigkeitsfeld als eines der wichtigsten Bestandteile ihrer Arbeitshandlungen. In der Instandhaltung „vererben“ die Beschäftigten ihr Erfahrungswissen durch Zeigen und Nachahmen bei Wartungen oder eine gemeinsame Suche nach Problemlösungen bei Störungen über die Jahre. Es ist ein informeller, kollektiver Kompetenzaufbau durch regelmäßigen Austausch im Prozess der Arbeit. Berufliche Neueinsteiger in der Instandhaltung sind selten und vermutlich ist das der Grund, warum es keine standardisierten Anlernkonzepte für Instandhaltungskräfte gibt. Andererseits bemerken die Fachkräfte, dass gerade mit der Einführung mehrerer Maschinen und Anlagen eine Art Arbeitsverdichtung einhergeht, weil die Aneignung des neuen Wissens parallel zum Tagesgeschäft erfolgt.

„Zeitweise kommen gut geschulte Servicetechniker ins Werk und führen die Schulungen durch. Wir fahren nicht nur weg. Es ist auch geplant, dass die Leute hierherkommen. Wobei das wieder schwierig wird. Man ist einfach immer noch vor Ort und damit ansprechbar. Wir können schnell weggeholt werden und dann muss man selbst festlegen, ob man da reagiert oder nicht.“ (F6 Instandhaltung 3 #00:41:19-7#)

Mit einer Schulungsteilnahme außerhalb der Betriebe verbinden sie außerdem einen erheblichen Mehraufwand, weil die täglichen Arbeitsaufgaben in der Zeit der Abwesenheit zwar pausieren, aber danach aufgeholt werden müssen.

“Dadurch, dass wir durch unser Tagesgeschäft getaktet sind, hast du natürlich nicht immer die Möglichkeit, viele Leute gleichzeitig zu schulen. Also erstens übersteigt es die Möglichkeiten des Schulenden, es übersteigt die Möglichkeiten der Lernenden und vor allem es ist mit unserer Arbeit oft nicht vereinbar. Also hast du immer nur drei, vier, fünf Leute, die freigestellt werden, um geschult zu werden, und dadurch wird das immer auf mehrere Termine verteilt. Es werden irgendwann alle geschult sein. Das hoffen wir, aber es dauert eben.“ (F6 Instandhalter 2 #00:17:12-7#)

„Es ist auf jeden Fall positiv die Entwicklung, dass wir uns jetzt weiterbilden können, Schulungen bekommen usw. Aber ich sehe auch den Riesenaufwand dahinter. Na, schon allein an den Schulungen teilzunehmen ist ja eine Mehrarbeit, sage ich mal. Denn in der Zeit wird ja meine Arbeit auch eher nicht

weniger, die liegen bleibt. Es kommt darauf an, wie die Schulungen geplant werden. Also wenn jetzt zum Beispiel mein Kollege und ich zusammen auf eine Schulung fahren, dann macht in der Zeit keiner Bestellungen für uns. Und das heißt, wir kommen wieder und haben ganz viele Bestellungen zu tun. Das heißt entweder, dass wir nicht zusammen auf eine Schulung fahren, wobei ich nicht weiß, ob das so geplant wird. Weil teilweise sind wir auch nur vielleicht vier Leute, die auf eine Schulung fahren, und die kann man nicht immer aufteilen. Die müssen dann teilweise zusammenfahren, einfach, weil die Gruppengröße erreicht werden muss.“ (F6 Instandhalter 3 #00:39:54-0#)

Aus Sicht der befragten Führungskräfte eignet sich die Teilnahme an Schulungen nur für bestimmte neue digitale Anwendungen, bei denen klar ist, dass sie verstetigt werden. Sie betonen zudem, dass sich die Art des Wissenserwerbs im Betrieb leichter organisieren lässt und im Vergleich zu Dienstreisen weniger kostenintensiv ist. Die Teilnahme an Schulungen ist dagegen stark beeinflusst von Budgetplanungen und Budgetkürzungen, Reisekostenplanungen etc. Die Teilnahme an Schulungen im Betrieb oder außerhalb von Betrieben wird von den Führungskräften jährlich in der Budgetplanung neu festgelegt. Das führt bei Beschäftigten, die erst zu einem späteren Zeitpunkt geschult werden sollen, zu Frustration.

Aus Sicht von Beschäftigten ist das arbeitsnahe Lernen für die Fachkräfte im Betrieb mit der Schwierigkeit verbunden, mitten im Lernprozess unterbrechen zu müssen, weil die Anforderungen aus dem Betriebsalltag Priorität haben. Sie sind frustriert, weil sie bereits mehrfach die Probleme benannt haben und die „zu dünn geplante Personaldecke“ und „fehlende adäquate Lösungen“ den Beschäftigten das Gefühl geben, dass sie zu wenig Mitbestimmung haben. Bereits vor der Umsetzung von Industrie 4.0 hatten die Fachkräfte selten Einfluss darauf, welche Schulungen für wen genehmigt werden und wer die Vertretung bei Abwesenheit durch Schulungen übernimmt. Deshalb ist die Organisation des arbeitsbezogenen Lernens eine langanhaltende Diskussion, die für kontinuierliche Frustration sorgt.

„Es ist eine ganz andere Herausforderung, die zu qualifizieren, ab jetzt nutzt ihr dieses Gerät und das ist dann noch mal eine andere Herausforderung als jetzt hier im Moment zumindest bei uns vor Ort mit der Organisation. Das ist jetzt noch nicht so komplex, dass man da nicht innerhalb von einer Stunde mal so Unterweisung die Neuen und sagen, so jetzt ab heute nehmt ihr das System, das hat sehr gut funktioniert.“ (F1 Exploration Betriebsrat 01-2018)

„Wenn Reisekosten plötzlich auf null gesetzt werden, dann kannst Du niemanden mehr zur Schulung schicken. Ist halt so. Dann darf aber auch die Erwartung nicht sein, die Leute müssen alles können. Weil, das funktioniert nicht: Baut mehr Wissen auf, ohne die Leute zur Schulung zu schicken, ist schwierig. Die Entscheidungsebene ist der Vorgesetzte bzw. der Kostenstellenverantwortliche, der dann sagt, ja oder ja, und dann würde das seinen normalen Genehmigungsweg gehen.“ (F2 Instandhalter 2 #00:27:51-4#)

Die subjektiv eingeschätzte Lernbereitschaft der Beschäftigten ist aber andererseits recht hoch. Die befragten Beschäftigten betonen, dass sie nur wenige Impulse zum Lernen benötigen. Zum Beispiel beschreiben sich Beschäftigte in der Instandhaltung selbst als „neugierige Typen“ und „technikverliebte Spielkinder“ (F1 Beobachtungsinterview Instandhaltung), die gerne viel ausprobieren.

Im Kontext von Industrie 4.0 kommen technische Netzwerke nicht nur für Produktionsprozesse zum Einsatz. In den Werken betonen die Fachkräfte, dass außerdem die Anzahl digitaler Netzwerke für

soziale Austauschprozesse während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen zunimmt. Diese digitalen Netzwerke unterscheiden sich erheblich in der Reichweite. Beispielsweise im Austausch mit anderen Werken innerhalb eines Unternehmens oder innerhalb einer Fachgruppe, die nicht nur unternehmensbezogen sein muss. Fachliche Netzwerke innerhalb der Unternehmen sind oft Communities of Practice (engl.). Darunter wird eine Gruppe von Personen gefasst, die inhaltlich durch ein Interesse für die gemeinsame Tätigkeit verbunden ist. Es gibt beispielsweise Communities in Robotics oder Communities in Maintenance. Zweck der Verbindung ist der regelmäßige Austausch zu Industrie 4.0-Themen. Dieser Austausch findet insbesondere virtuell auf Online-Kanälen statt. Im Zuge der Automatisierung und Digitalisierung haben sich Geschäftseinheiten vernetzt. Oft sind Führungskräfte die Koordinator*innen für die fachlichen Netzwerke. Sie informieren sich über die Betriebs- und Unternehmensgrenzen hinaus und pflegen regelmäßigen kollegialen Austausch. Besonders im vertieft untersuchten Betrieb war diese Form des regelmäßigen kollegialen Austauschs im Online-Netzwerk häufiger zu beobachten. Die Beschäftigten mögen den unkomplizierten Austausch mit anderen Unternehmen, um schneller Lösungsansätze entwickeln zu können.

„Wir haben das Maintenance Netzwerk bei [einem großen Automobilhersteller] angefragt, ob wir eine Werksführung machen. Wie macht ihr das denn mit Maintenance? Die waren offen. Die haben das auch kommuniziert. Es war erstaunlich. Zu anderen würde ich jetzt nicht gehen. Dieses Netzwerk ist super, superschnell und ich kann Lösungen bekommen. Oder man kann sagen wie gehe ich jetzt vor? Die haben das schon gelöst und da kann ich die Lösung nehmen und muss nicht alles selbst machen. Es bringt nichts, zusammenzuarbeiten, und da hat nur einer den Nutzen. Automobil-Unternehmen sind an vielen Stellen sehr weit und da wurde sehr früh investiert. Bestimmte Lösungsansätze sind bereits erprobt und andere Unternehmen lernen aus den Erkenntnissen und Fehlern. Was war ein Misserfolg und hat sich nicht durchgesetzt. Da wird erst gar nicht alles in Pilotprojekten wiederholt, um festzustellen, dass es nicht funktioniert.“ (F6 Führungskraft Kompetenzteam #01:03:52#)

Im Kontext von Industrie 4.0 hoffen die Beschäftigten, dass sich in den Abteilungen der Umgang mit Fehlern verändert. Beschäftigte fordern von ihren Vorgesetzten mehr Klarheit und Differenzierung, wo Fehler hilfreich und förderlich für Lernprozesse sind oder eine Ursache für Verzögerungen in der Lieferkette, weil lauter Ausschussteile produziert wurden.

“Also wenn Du einfach immer wieder zu hören kriegst, Du sollst keine Fehler machen, wir wollen keine Fehler machen, Du wirst irgendwann so gewaschen im Kopf, dass Du dann natürlich auch in anderen Bereichen, wo es sinnvoll und wichtig wäre, immer wieder von vornherein (denkst) – Du darfst keine Fehler machen, Du darfst keine Fehler machen. Und das ist ein großes Problem. Das blockiert und dadurch minderst du die Möglichkeit von Lernen und von Entwicklung. Also, es ist der gleiche Fehler, der gemacht wird, wenn gesagt wird, sei nicht so neugierig. Es ist genau das gleiche Muster, es ist der gleiche Mechanismus. Und das ist eben das Problem und da wird meines Erachtens zu wenig differenziert agiert. (...) Wie müssen anfangen, die Dinge anders zu machen und über den Tellerrand hinausblicken mit frischen Ideen und viel Mut auch mal Fehler zu machen. Das heißt: die Komfortzonen verlassen, aber das wollen nicht alle – darum geht es ja.“ (F3 Instandhalter 2 #00:45:23-3#)

Über die beschriebenen Lernhandlungen hinaus eignen sich die Beschäftigten weiterhin ein grundlegendes Programmierwissen an. Meist verfügen sie bereits über ein ausgeprägtes IT-Grundverständnis, das hier als maschinenzentrierte Technikkompetenz benannt wird, ihnen fehlt nur die

Routine im Umgang mit Maschinendaten. Das Wissen, welches über das Anwenderwissen gängiger Office-Programme und SAP-Kenntnisse usw. hinausgeht, wird hier als datenzentrierte Technikkompetenz bezeichnet. Für solchen Lernbedarf gibt es aus Sicht der Instandhaltungskräfte noch zu wenige strukturierte Angebote. Allerdings praktizieren die Fachkräfte besonders hier soziale Austauschprozesse in fachlichen Netzwerken auch über Betriebsgrenzen hinweg oder verschieben das Lernen in ihre Freizeit, weil strukturell zu wenig Freiräume zum Lernen zur Verfügung stehen.

5.2.4 Arbeitsbezogene Lernhandlungen in der Logistik

Aus Sicht der befragten Beschäftigten in der Logistik finden im Kontext von Industrie 4.0 überwiegend arbeitsintegrierte Lernprozesse statt. Viele Beschäftigte lernen im Arbeitshandeln durch kollegialen Austausch, der teilstrukturiert oder auch informell sein kann. Die typischen Lernprozesse sind gekennzeichnet durch zahlreiche Absprachen an den Schnittstellen zur Produktion. Dabei geht es zum Beispiel um neue Zuliefer- und Lagerprozesse. Aus Sicht der Führungskräfte ist das arbeitsintegrierte Anlernen in der Logistik wie folgt charakterisiert:

„Wenn ich jetzt nach Tarifvertrag gehe, dann sind das Anlerntätigkeiten im Wesentlichen und das variiert, von Themen, „die habe ich einmal gezeigt und dann weiß ich“ bis hin zu mehreren Wochen, um das Wissen dann auch zu festigen und eine gewisse Routine aufzubauen in der Tätigkeit.“ (F3 Logistik 1 #00:10:35-8#)

Das Anlernen in der Logistik bezieht sich im Kontext von Industrie 4.0 vorwiegend auf die jeweiligen abteilungsspezifischen Technologien, die entweder schon eingeführt wurden oder sich noch in der Testphase befinden. Bei der Einführung der mobilen Datenerfassung im Wareneingang zum Beispiel wurden Beschäftigte schon sehr frühzeitig in die einzelnen Testphasen einbezogen. Während der täglichen Arbeit erklären bereits geschulte Beschäftigte der Kompetenzteams den anderen Beschäftigten wesentliche Funktionsweisen der neuen Anwendungen und zeigen ihnen Abläufe und Handgriffe.

„Es wird gezeigt an zwei bis drei Beispielen: So musst du es auspacken, das machst du so und so. Fertig. Aber auch beim Auspacken kann man viel falsch und verkehrt machen. Das ist halt nicht mit drei Beispielen gemacht, sondern eigentlich dauert ein paar Wochen mindestens.“ (F5 Logistik 3 #00:37:58-7#)

In der Logistik wurden einzelne Beschäftigte von Vorgesetzten ausgewählt und neuen Teams zugeordnet. Sie sind im Kontext von Industrie 4.0 für die Testungen der eingeführten Technologien, die Wissensvermittlung und die Koordination mit Anbietern verantwortlich. Meist sind es Fachkräfte oder Arbeitskräfte, die schon einige Jahre in der Logistik tätig sind und über vertieftes Erfahrungswissen verfügen. Im Gegensatz zu einigen Beschäftigten in der direkten Produktion haben sich diese Personen freiwillig dazu bereit erklärt, die anderen im Prozess der Arbeit während der Nutzung neuer Anwendungen engmaschig zu begleiten und alle Funktionen zu erklären. Auf diese Weise haben die Beschäftigten die Möglichkeit, an der Ausgestaltung der neu eingeführten Technik mitzuwirken; sie sind bereits seit der Testphase eingebunden und bringen während der Anwendung ihre Bedürfnisse ein, die in

der weiteren Technikgestaltung größtenteils einfließen. Dieses Vorgehen der Einbindung konnte allerdings nur in absoluten Ausnahmefällen beobachtet werden.

Die Projektverantwortlichen oder die Teamleitungen haben neue Hilfsmittel zum Anlernen erstellt. Zum Beispiel sind es visuelle Leitfäden, die neue Anwendungen darstellen. Das können papierbasierte Listen mit vielen Bildern oder selbsterstellte Videos sein, die wie in einer Schulung die erforderlichen Schritte zeigen, wie bestimmte Anwendungen zu bedienen sind. Das wird durch erklärende Kurztexpte und Tonspuren ergänzt, so dass visuelle, auditive usw. Lerntypen angesprochen werden. Die Inhalte in den Videos sind standardisiert und selbsterklärend so aufbereitet, dass die Beschäftigten gleich alle Arbeitsschritte anhand der Präsentation erkennen, ohne die Texte akribisch genau durchlesen oder sich mit anderen austauschen zu müssen. Die Inhalte in den Videos sind zu jeder Zeit und an jedem Ort digital verfügbar.

„Zum Beispiel ist ein Feld da, wo ich sage: Okay, hier jetzt die Bestellnummer eintragen. Dann blinkt das so auf, dann trage ich live ein und geh halt ein Schritt weiter: Okay, jetzt "Lieferscheinnummer", Datum eingeben. Ich erklär dann auch alles und habe immer einen Text dazu geschrieben. Es könnte auch noch eingesprochen werden, weil manchmal die Leute besser lernen, wenn sie es hören, dann merken sie es besser, als wenn sie es lesen.“ (F5 Kompetenzteam 3 #00:23:40-1#)

„Die Nutzung ist, glaube ich null. Also das ist so eine Art Wikipedia, wo die abgelegt haben. Ich glaub, man kann reingucken. Wie viele Views die Seite hat, habe ich ehrlich gesagt nicht ausgewertet. Aber da fürchte ich, da ist nichts...“ (F5 Kompetenzteam 3 #00:22:04-5#)

Die Beschäftigten nutzen diese Angebote im Arbeitshandeln allerdings kaum und begründen dies damit, dass sie oft keine eigenen mobilen Devices vom Betrieb erhalten, auf denen sie die Angebote nach Bedarf abrufen könnten. Oft ist auch der Arbeitstakt sehr eng, so dass ihnen die Zeit fehlt, mitten in der Arbeitshandlung nachzuschauen, und so finden eher informelle Austauschprozesse statt. Oft muss es schnell gehen und da steht Improvisation oder kollegiales Nachfragen an erster Stelle.

Arbeitsnahe oder arbeitsorientierte Lernprozesse wie herstellerbezogene Schulungen oder anderweitige Qualifizierungen gibt es in der Logistik selten, weil die Prozesse oft betriebspezifisch organisiert sind. Wenn es doch Schulungen gibt, sind diese für ganz spezifische Tätigkeitszuschnitte konzipiert, die meist ausgebildeten Fach- und Führungskräften vorbehalten sind und nicht direkt mit Industrie 4.0 in Verbindung stehen. Zum Beispiel gehören dazu formelle Schulungen für neue Teamleiter*innen oder Projektleiter*innen, die sie ggf. auf die neue Rolle vorbereiten oder Projektleiterschulungen wie etwa „Lean-Expert“. Das sind formelle Schulungen, die mit einem anerkannten Zertifikat enden.

„Ich hatte einen Schulungsbedarf für SAP. Gelernt habe ich viel über das Buddy-System. Kollegen haben mich immer wieder angelernt in verschiedenen Bereichen der Logistik. In meine Arbeit fließen viele Erfahrungswerte ein, die ich über die Zeit gesammelt habe.“ (F1 Logistik 2 Beobachtungsinterview)

„Wir machen externe Schulungen, Projektmanagement zum Beispiel für die Projektleiter. Oder Führungsseminare für die Führungskräfte, Gruppenleiter, Abteilungsleiter. Gewisse Schulungen spezifisch für bestimmte Tätigkeiten, die wir haben. Für die Leute an der Basis ist es keine offizielle Schulung, aber trotzdem

eine Art der Veränderung. Es ist ein Lernprozess, man kann das halt nicht immer planen. Externe Schulungen machen keinen Sinn, weil die Prozesse so speziell sind.“ (F5 Logistik 1 #01:15:41-7#)

„Spezielle Formate (für Industrie 4.0) gibt es noch nicht. Das ist nicht so wie in der Fertigung: Du lernst was am Roboter und kriegst dann später dafür mehr. Das ist bei uns nicht so. Logistik ist auch immer das, was man nicht zahlen will, weil wir nichts leisten im Endeffekt. In der Fertigung kommen hinten die Geräte raus.“ (F2 Logistik 2 #00:45:40-9#)

„Wenn es um Anwendungen im Prozess geht oder auch wenn wir neue Prozesse einführen, MDE zum Beispiel. Klar, da haben wir uns auch mit den Programmierern zusammengesetzt und haben unser Wissen so erworben. Wie funktioniert jetzt das Aktivieren? Was muss ich wie buchen und alles.“ (Logistik 1 #01:15:58-5#) (informeller Lernprozess durch Zeigen und Erklären)

Die Situation beim arbeitsnahen Lernen in formellen Schulungen beschreiben die Beschäftigten in der Logistik wie folgt:

„Der Ansatz ist: mit der Firma in Kontakt zu treten, mit einem Berater und sich alles erklären lassen, zeigen lassen anhand PowerPoint-Präsentationen, Testmodellen und so. Wenn man da vielleicht, wie wir jetzt dann dieses Testfahrzeug mal bekommen, um es einfach zu sehen, dass man das so einfach dann auch erklärt bekommt, sage ich mal. Ich habe mir jetzt auch mal persönlich [privat] nochmal ein Video angeguckt, aber da wird jetzt auch nicht groß was erklärt, sondern wurde einfach nur gezeigt, wie das funktionieren könnte.“ (F2 Logistik 3 #00:28:10-3#)

„Das Schöne war, man sitzt nicht nur da und muss sich irgendwas anhören, sondern wir hatten ganz viel Teamarbeit. Wir haben zusammen Aufgaben gelöst und das war echt gut gewesen. (...) Es war jetzt nicht so eine Vorlesung, sondern ganz viel Praxis. Das fand ich gut, weil man echt eine Menge daraus lernt, finde ich. Es gab Themen wie: Der eine konnte keinen am Telefon erreichen, der mit ihm das Problem lösen kann oder so. Das passiert ihm ständig und er weiß nicht, was er machen soll. Dann hat er das vorgespielt mit jemand anderes hat sich auch immer quer gestellt, gesagt: "ne, ich bin nicht der Richtige und...". Von außen, wenn man das so sieht, war das echt hilfreich, weil man dann manchmal in so einer Situation ist, wenn dann [im Seminar] jemand anders sagt: "ja ich hätte das jetzt so und so gemacht", dann wird es eigentlich einfacher und man fragt sich: „Warum machen wir das denn nicht so?“ (F3 Logistik 2 #01:15:38-7#)

In der Phase der Umstellung standen der kollektive Wissensaustausch und die Teamzusammenarbeit im Mittelpunkt. Zudem erfordert die Umstellung auf das E-Kanban-System eine neue Kennzeichnung der Materialien für die Steuerung über die SAP-Software, die dann den Materialfluss im automatisierten Robotersystem steuert. Die permanente Anpassung der Kennzahlen im Arbeitsprozess erfolgt in der Regel durch die Teamleitungen.

Auch für andere Bereiche gibt es einen Lernbedarf, der sich sogar auf das Einkommen auswirkt. Entsprechend gab es eine hohe Nachfrage in der Abteilung, die kaum zu bewältigen war. Hierbei mussten Beschäftigte ausgewählt werden und einige sind nicht einbezogen worden. Aus Sicht der befragten Personen gäbe es aber noch unausgeschöpfte Potenziale zum arbeitsbezogenen Lernen in der Logistik.

„Die Klemmen werden im Gerät eingebaut und die müssen bei uns abgeglichen werden. Dafür gabs Schulungen, dass man eine elektrisch unterwiesene Person ist. Dann darf man in diesem Bereich arbeiten. Kriegt man zwei Zusatzstufen zu seiner ERA noch dazu, wollten natürlich auf einmal alle machen. Wir brauchen aber nicht so

viele Leute. Vor meiner Zeit, als diese Abfrage war, wurden alle geschult in diesem Bereich. Aber alle werden auch nicht daran arbeiten, weil wir ja nur zwei Plätze haben. (F3 Logistik 2 #00:21:27-3#)

„Die kriegen ihr Programm raufgespielt. Es gibt verschiedene Programme. Dies ist das einzige, wo wir eine Schulung bekommen. Die Leute, die das gerne wollten. Dort kriegen sie jetzt zwei Zusatzstufen mehr, das ist nicht viel. Die Leute sind trotzdem motivierter dadurch, weil es eine neue Aufgabe ist. Ja alle wollten das auf einmal machen und dann hieß es vom Coach hä wie viele Leute wollt ihr dafür anmelden, weil die Schulungen kosten. Die sind von außerhalb. Dann hieß es auf einmal: Warum denn so viele?“ Weil alle mehr [Geld] wollen (...) da mussten wir auch schon welche ablehnen und sagen: „sorry ist nicht mehr“. Aber es gibt sonst nix. Das ist schade. Wir haben wahrscheinlich vieles, was wir noch ändern könnten. Wo wir auch jemand einsetzen könnten, der sich mit EXCEL auskennt oder in SAP richtig gut drauf ist. Da gibt es bestimmt auch Aufgaben, wo man dann auch ein bisschen mehr für zahlen könnte. Aber da sind noch keine Formate vorgesehen, noch nix. Deshalb wollen viele zum Gerätebau wechseln, weil man da mehr Geld kriegt. Dann verliere ich gute Logistiker. Ich würde es jedem gönnen, aber geht nicht so einfach. (F2 Logistik 2 #00:48:02-2#)

Im Kontext von Industrie 4.0 sind aber in der Logistik die neuen Prozesse relevant, die durch die Einführung neuer Technologien und die Vernetzung mit der direkten Produktion entstehen. Bei E-Kanban zum Beispiel wurde das Roll-Out als ein abteilungsübergreifender Lernprozess organisiert und Workshops mit unterschiedlichen Beschäftigtengruppen wurden durchgeführt.

„Ein Grundverständnis für Logistik muss auf jeden Fall da sein. Also ich kann jetzt nicht sagen, dass es nur ein Technologiethema ist. Vieles ist unabhängig von der Technologie. Und ich find es auch ganz wichtig, das ist auch das, was ich im Leitkreis oder in Workshops sage: "Leute, es ist schön und gut, es ist richtig und wichtig, wir müssen Digitalisierung gestalten". Also diese Elektronik, die wir mal in den 80er Jahren angefangen haben einzuführen, mit ersten digitalen Schnittstellen, mit Computern und alles, das ist alles ein Fliegenschiss, zu dem was jetzt gerade passiert. (F3 Logistik 1 #00:16:49-3#)

„Wir haben Lehrlinge, die werden genauso angelernt von unseren Kollegen. Die Azubis haben zwei Mal die Woche Schule und werden dann Logistikfacharbeiter. Sie durchlaufen bei uns alle Bereiche. Wir haben eine Liste, wo halt eingetragen ist, in welchen Bereichen sie gerade dran sind. Sowas gibts richtig für unsere Azubis. Die haben den Plan auch, damit sie wissen, wo sie sind nächste Woche. Manchmal verschieben wir sie, weil man ja doch manchmal mit den Azubis auch Lücken stopft. Ist halt leider so. Das geht nur, wenn sie den Bereich schon angelernt sind.“ (F3 Logistik 2 #00:30:30-7#)

Aus Sicht von einigen Beschäftigten werden die Lernprozesse und die Lernbereitschaft von Führungskräften stimuliert. Ernennungen zur Teamleitung oder Ermutigungen von Führungskräften zur Teilnahme an speziellen Schulungen oder Weiterbildungen werden als Unterstützung wahrgenommen und wirken sich über die Schulung hinaus auf die Lernbereitschaft aus.

„Da hat er gesagt, dass wir uns noch Schulungen raussuchen können. (In Entwicklungsgesprächen) wird darüber gesprochen, wie das letzte Jahr gelaufen ist, ob die Erwartungen, die er an mich gestellt hat, ob ich die erfüllt habe und was für das nächste Jahr, was er von mir sehen möchte. Und dass wir dann noch mal wegen Qualifizierungen gucken, wegen irgendwelchen Lehrgängen oder so. Und da können wir uns aber auch selbst etwas raussuchen.“ (F3 Logistik 2 #00:27:52-6#.)

Aus Sicht von Führungskräften ist das Anlernen im Kontext von Industrie 4.0 bei ungelerten Leihkräften mit einigen Problemen verbunden.

„Was wir jetzt aktuell feststellen, dass wir bei sogenannten ungelerten Tätigkeiten aktuell tatsächlich ein Problem haben, geeignetes Personal in der Leiharbeit zu rekrutieren. Das ist ein Thema! Das liegt

teilweise an den Kenntnissen, die die Leute mitbringen, teilweise auch an der grundsätzlichen Einstellung zur Arbeit, wenn ich das so sagen darf. Also wir haben aktuell so 30 bis 40 % der hier bei uns startenden Kollegen werden auch innerhalb der ersten zwei bis drei Wochen wieder abgemeldet, weil's einfach nicht funktioniert. Wir haben aktuell ganz genau ausgewertet, weil wir auch da ein Thema haben, was das Einphasen der Mitarbeiter angeht und man merkt schon, dass in Deutschland nahezu Vollbeschäftigung ist. Es ist nicht leicht geeignetes Personal zu bekommen.“ (F5 Logistik 1 #01:06:48-9#)

Die Suche nach geeigneten Beschäftigten mit entsprechenden Vorkenntnissen gerade im Bereich der Arbeit, die geringqualifizierte Beschäftigte ausführen, gestaltet sich laut der befragten Führungskräfte um einiges schwieriger als noch vor fünf Jahren; hinzu kommt eine Haltung zur Arbeit bei Leihkräften, die aus Sicht von Führungskräften nicht wünschenswert ist.

Aus Sicht von Führungskräften hängt die Qualifizierung von geringqualifizierten Beschäftigten vor allem von der individuellen Lernbereitschaft ab. Es besteht die Erwartung, dass die Beschäftigten selbstständig auf die Führungskräfte zukommen und ihren Lernbedarf äußern. Sie betonen, dass es dafür regelmäßige Teamrunden und einmal im Jahr Entwicklungsgespräche gibt, in denen der Lernbedarf besprochen wird.

„Es funktioniert mit den Kollegen gut, die halt gerne arbeiten, finde ich. Da laufen diese Gespräche echt gut. Dann kann man denen oft dann noch was anbieten, wenn man merkt, in der Abteilung waren sie noch nicht gewesen. Wir haben in der Logistik mehrere Posten. Ich frage dann: wie siehst denn aus? Du fühlst dich hier so wohl - möchtest du das noch dazu lernen? Umso mehr man kann anbieten, umso besser ist es. Man kriegt nicht mehr Geld, das muss man gleich klarstellen. Es gibt auch Gespräche, die laufen jetzt nicht so gut, weil die Mitarbeiter einfach mehr Geld verdienen wollen, wir in der Logistik aber nichts haben, wo man mehr Geld verdienen kann, außer den Posten der Teamleitung. Das sind die Gespräche, die schwierig sind. Als Sachbearbeiter oder im Wareneingang würde man auch ein bisschen mehr verdienen.“ (F3 Logistik 2 #00:20:10-1#)

„Vielleicht kann man erstmal sagen, dass man nur in der Spät- und Nachtschicht intensiver testet, arbeitet, weil in der Frühschicht vielleicht doch immer noch ein bisschen mehr anfällt, weil mehr Kollegen generell auch in der Produktion da sind. Oder man holt erst mal die ins Boot, die Lust draufhaben. Gerade so Anlernphasen, auch bei neuen Kollegen, das ist hier seit Jahren schon schwierig. Gerade auch im Wareneingang.“ (F3 Logistik 3 #00:37:27-4#)

Ein weiterer Grund für Lernwiderstände ist aus Sicht von Beschäftigten der fehlende abteilungsübergreifende Austausch. Zum Beispiel bei der Einführung neuer Technologien in der Fertigung kommt es in der Logistik zur mangelnden Akzeptanz. Aus Perspektive der Produktion verbessern sich Prozesse, aber die Fertigung weiß oft nicht, dass dadurch die Logistik einen Mehraufwand und Umweg bspw. in der THT hat, der sich unmittelbar auf die Arbeit in der Logistik auswirkt. Zudem fehlt aus Sicht der Logistik die interne Anerkennung für Service- und Dienstleistungen. Die Beschäftigten in der Logistik fühlen sich dadurch subtil abgewertet.

Bei erfahrenen Beschäftigten entstehen weiterhin Lernwiderstände, die im beruflichen Sozialisationsprozess liegen. Beschäftigte, die bisher kaum die Gelegenheit hatten, selbstständige Problemlösungen zu entwickeln oder an Schulungen teilzunehmen, sind nicht (mehr) daran gewöhnt zu lernen. Die Unsicherheiten können im Anpassungsprozess zu einem Hindernis werden. Zudem haben Geringqualifizierte in der Vergangenheit nicht nur gute Erfahrungen mit dem Lernen in anderen

Institutionen wie Schule usw. gemacht. Manchmal haben sie ihre Ausbildung zum Beispiel aufgrund unangenehmer Prüfungssituationen o. ä. abgebrochen. Manchmal fühlen sie sich mit ihren Sorgen allein gelassen oder von Führungspersonen nicht ernst genommen. Diese Beschäftigten benötigen oft besondere Ermutigungen zur Qualifizierung.

Aus Sicht von Führungskräften sind viele Lernwiderstände bei formal gering qualifizierten Beschäftigten im Fehlen der individuellen Lernbereitschaft begründet. Vorgesetzte nehmen oft an, dass sie weniger Antrieb zum Lernen haben als bspw. Fachkräfte. Einige engagierte Führungskräfte versuchen auch außerhalb der standardisierten Feedbackgespräche die Beschäftigten im Arbeitsalltag zu beobachten und mit ihnen auch informell und direkt auf die Aufgabe bezogen einen Lernbedarf zu ermitteln, denn sie haben festgestellt, dass nicht alle Beschäftigten so reflektiert sind, immer zu wissen, was sie können oder noch benötigen.

Allerdings meinen einige Führungskräfte auch, dass die Beschäftigten lange nichts gelernt haben und bezeichnen sie als „Lernungewohnte“. Besonders ältere Beschäftigte haben laut der Führungskräfte Schwierigkeiten beim strukturierten Lernen, wenn sie lange Zeit nicht mehr an Schulungen o.ä. teilgenommen haben oder eine Lücke durch Arbeitslosigkeit hatten. Außerdem nehmen sie an, dass jemand mit einem sozialversicherungspflichtigen Arbeitsplatz auf dem ersten Arbeitsmarkt leichter lernt und einfacher zu motivieren ist als jemand, bei dem die Existenz davon abhängt.

Führungskräfte gehen auch davon aus, dass es Beschäftigte gibt, die nichts lernen, sondern nur die Aufgaben abarbeiten wollen, die sie bearbeiten müssen. Sie haben aufgegeben zu fragen und versuchen auch nicht, die Lernbereitschaft anzuregen. Sie sagen, dass sie die fehlende Lernbereitschaft akzeptieren. Sie gehen davon aus, dass die Beschäftigten bei neu eingeführten Technologien „lernen müssen“ und das dann auch stattfindet, weil das der Arbeitsaufgabe entspricht. Bereichsübergreifend lernen allerdings, das würden diese Beschäftigten nach Ansicht der Führungskräfte nicht.

„Viele wollen auch gar keine Maschinen bedienen. Die sind es nicht gewohnt und deswegen muss man schauen: wie nehmen die Leute es überhaupt an? Ältere Mitarbeiter, die wollen nicht mehr. Wir haben einen Einrichter, der die Maschinen bedient und ich glaube zwei andere Kollegen können es noch. Aber die anderen wollen das gar nicht lernen. Das ist ihnen zu maschinell. Die sind da nicht dafür. Die können auch keinen Rechner bedienen. Da fängts meistens schon an. Wir haben viele ältere Leute, die sind auch nicht auf Automatisierung.“ (F3 Logistik 2 #00:39:49-6#)

„Ich glaub, einige sind extrem eingefahren. Und vielleicht auch immer wieder der Druck, gerade im Versand und im Lager: Ich muss die Produktion nachversorgen, ich muss Umsatz machen im Versand, da ist keine Zeit für was Neues oder zum Ausprobieren.“ (F5 Logistik 3 #00:32:06-8#)

Führungskräfte bemühen sich, die Lernbereitschaft zu stimulieren. Selten reflektieren Vorgesetzte über strukturelle Hürden, die eine Entwicklung der Lernbereitschaft verhindern.

„Da reicht es nicht aus: „Habt keine Angst, macht einfach! Ich glaub, da hilft wirklich nur viel sprechen, wenn sie Hilfe benötigen und dabei sein bei den Anwendungen. Wenn die Kollegen einen Anlernprozess brauchen, weil Sie sagen: Bitte zeig mir das nochmal! Dann können Sie mich jederzeit ansprechen. Die wissen, wo ich sitze. Sie könnten mich fragen. Sie machen nichts kaputt, wenn sie es probieren und sie

wissen, wie die Prozesse ablaufen. wo was hin gespeichert wird, wie das aussehen muss, wenn man was gebucht hat oder was auch immer - da kennen die sich ja teilweise besser aus als ich - da können sie auch im SAP, jetzt gerade wo die Rechner da sind, auch vergleichen: (...) Also so würde ich das glaub ich gerade, wenn etwas neu ist, als Kollege das so 4, 5, 6-mal machen oder in irgendwelchen Sonderfällen, da dann noch mal extra, aber wenn ich sehe, es passt alles. Irgendwann würde ich dem System vertrauen und sagen: Okay, ich arbeite jetzt nur noch damit.“ (F5 Logistik 3 #00:31:09-6#)

„Da habe ich auch die Kollegen öfter drauf angesprochen. "Jaja, mach ich nachher." Dann guck ich am nächsten Tag rein, dann wurde das immer noch nicht gemacht. Ähm da ist auch bei den Teamleitern anscheinend kein Prio-Thema. Eigentlich wäre das wichtig. Gerade, wenn es jetzt Verbesserungen gibt, wäre gut. Dann können sie mir das weiterleiten, dann leite ich es auch wieder weiter. (F5 Logistik 3 #00:20:16-1#)

Beim Anlernen von Leihkräften entstehen bei Beschäftigten oft Widerstände und die Paten oder Patinnen verlieren mit der Zeit das Interesse ihr Wissen an Leihkräfte weiterzugeben, wenn diese angelehrt und später nicht fest ins Team übernommen werden.

„Das Problem ist, dass die Leiharbeiter oft ziemlich schnell wieder abgemeldet werden und ich in letzter Zeit ständig neue Leihkräfte zum Anlernen hatte. Irgendwann hat man keine große Lust mehr, die immer anzulernen. Man weiß, jetzt macht man das wieder ein paar Wochen und dann sind sie wieder weg. Das ist auch Zeitaufwand und wenn man dann sowieso schon mehr Arbeit hat mit dem Bestückungsautomat oder dem Roboter hat, dann ist es natürlich immer ein bisschen schwierig auch die Leute zu motivieren.“ (F2 Logistik 2 #00:21:56-9#)

Aus Sicht von Führungskräften ist das Anlernen im Kontext von Industrie 4.0 bei ungelerten Leihkräften mit Problemen verbunden. Die Suche geeigneter Beschäftigter mit entsprechenden Vorkenntnissen gestaltet sich laut der befragten Führungskräfte um einiges schwerer als noch vor fünf Jahren und hinzu kommt eine Haltung zur Arbeit bei Leihkräften, die aus Sicht von Führungskräften nicht wünschenswert ist.

5.2.5 Abteilungsübergreifende Organisation arbeitsbezogenen Lernens

Neben den bisher beschriebenen Lernprozessen, die sich vornehmlich nach dem Qualifizierungsgrad der Beschäftigten in den Abteilungen unterscheiden, finden im Kontext von Industrie 4.0 auch abteilungsübergreifende Lernprozesse statt. Vor dem Hintergrund einzelner Einführungen verschiedener digitaler Anwendungen in den Abteilungen und den jeweiligen arbeitsorganisatorischen Anpassungen werden in den untersuchten Industriebetrieben zunehmend abteilungsübergreifende Lernangebote entwickelt, die eine umfassende Einbindung der Beschäftigten ermöglichen sollen. Besonders ausgeprägt war dies im vertieft untersuchten Betrieb A zu beobachten.

Die abteilungsübergreifenden Lernangebote variieren bspw. nach Reichweite und Frequenz. Es gibt Lernangebote und E-Learning-Formen wie Blended Learning, Webinare, Lernplattformen und mobiles Lernen. Augmentiertes Lernen ist in der industriellen Praxis oft noch nicht angekommen. Demgegenüber werden übergreifende Lernangebote genutzt, die kontinuierlich in den Betrieben stattfinden. Das können Veranstaltungsformate sein, die entweder jährlich oder halbjährlich durchgeführt werden. Auf den Veranstaltungen geht es darum, zentrale Veränderungen in den Werken

sichtbar zu machen und unter Beschäftigten einen abteilungsübergreifenden Austausch zu fördern. An kleinen Informationsständen können sich die Beschäftigten während ihrer Arbeitszeit über neue technologische Anwendungen informieren und konkrete Umsetzungsprojekte kennenlernen, die sich nicht auf ihren direkten Arbeitsbereich beziehen.

Weitere übergreifende Lernangebote in den Betrieben sind kleinere Formate wie Workshops oder sogenannte digitale Stunden, in denen sich Beschäftigte innerhalb einer Stunde und während ihrer Arbeitszeit einen Überblick über neue Anwendungsfälle verschaffen. In kleineren Räumen haben die Beschäftigten die Gelegenheit, neue Anwendungen kennenzulernen und sich darüber mit Kolleg*innen auszutauschen. Dafür werden neue Räume in den Werken eingerichtet (zum Beispiel das Future Lab), die sich an der Idee von Lernfabriken (IG Metall) orientieren. In den Räumen bzw. in den Formaten haben die Beschäftigten die Möglichkeit, neue Anwendungen interaktiv auszuprobieren. Darüber hinaus werden abteilungsspezifische Workshops für Personen entwickelt, die an den Schnittstellen der Abteilung arbeiten. Die Workshops haben eine Dauer von mehreren Stunden und finden arbeitsplatznah statt. Die Teilnehmenden der Workshops haben sonst im Arbeitsprozess wenig bis keinen Kontakt. Die Angebote zur Ideenfindung oder zum intensiven Austausch an den Schnittstellen der Abteilungen richten sich jedoch eher an Fach- und Führungskräfte. In regelmäßigen Abständen treffen sie sich in den Workshops (wie Qualitätszirkel), um in der Gruppe Ideen aus den Abteilungen einzubringen und über den Fortgang bisheriger Entwicklungen zu diskutieren. Personen, die erst seit kurzem Teamleitungsaufgaben übernommen haben, schätzen den Erfahrungsaustausch mit Teamleitungen aus anderen Abteilungen in den Workshops sehr, da sie ihr Wissen zur Arbeit an den Schnittstellen erweitern bzw. erfahren, wie andere Teamleitungen mit den Veränderungen umgehen oder ihr Team motivieren.

Im Kontext von Industrie 4.0 bekommt der Betrieb als Lernort eine neue Qualität. Mit Strategien des „Voneinander Lernens“ wird der Vorteil gegenüber externen Schulungen darin gesehen, dass die Inhalte fachlich eng mit der Arbeit zu tun haben und so bleibt auch das Wissen innerhalb des Unternehmens, was einen Wettbewerbsvorteil bedeutet. Vorreiterbetriebe implementieren zwar Angebote für ein übergreifendes Lernen direkt in den Betrieben und bieten Veranstaltungen, Workshops oder sogenannte Digitale Stunden an. Problematisch ist jedoch für Geringqualifizierte der Zugang zu solchen Angeboten; sie können aufgrund der engen Produktionstaktungen nur selten oder nur ganz kurz teilnehmen. Als weiteres Problem thematisieren Beschäftigte die verstärkte Sichtbarkeit der Prozesse auch beim Lernen und beim kollegialen Austausch in Online-Netzwerken: „Es wird alles sichtbar und daraus lernt die Organisation.“ (F1 exploratives Beobachtungsinterview Fertigung 01.03.2018).

Im Kontext von Industrie 4.0 betonen die befragten Werkleitungen, dass sie eine Kultur des Lernens in ihrem Betrieb etablieren wollen. Das wird von Expert*innen und Betriebsrät*innen genauso unterstützt wie von Führungskräften.

„Für alle Beteiligten [ist] der gesamte Prozess zu Industrie 4.0 ein wichtiger gemeinsamer Lernprozess, bei dem die Projekte nicht auf einen Personalabbau abzielen, sondern der Sicherung einer Marktführerschaft dienen.“ (Werkleiter Betrieb A, Exploratives Interview zu Industrie 4.0, 2017)

Aus Sicht von Führungskräften wird der Anspruch wiederholt kommuniziert, den digitalen Wandel mit Beschäftigten gemeinsam zu gestalten und die Teilhabe an neuem Wissen bei allen Beschäftigtengruppen in regelmäßigen Abständen durch abteilungsübergreifende Angebote zu fördern. Auf dem Weg in eine innovative Lernkultur, die sich kontinuierlich durch viele Einzelmaßnahmen entwickelt, kommen unterstützend zu den übergreifenden Lernangeboten insbesondere in Betrieb A flankierende Kommunikationskampagnen zum Einsatz, die Beschäftigte im Veränderungsprozess in den Mittelpunkt stellen. Auf Plakaten erhalten einzelne Beschäftigte eine Stimme und teilen anderen mit, welchen Sinn sie in ihrer Arbeit erkennen, worauf sie stolz sind und was sie in ihrem Bereich bewegen wollen (Dokumente „Unser Werk“ und „Mein Werk“, 2017). Die Initiative geht von Change-Verantwortlichen in Zusammenarbeit mit Betriebsratsmitgliedern aus. Die Teilnahme an der Kampagne ist freiwillig und das Interesse der Beschäftigten an einer Mitwirkung ist in allen Abteilungen des Werkes hoch. Die kommunikativen Kampagnen sollen eine überdurchschnittliche Lernbereitschaft gerade am Anfang der Studie fördern. Die befragten Beschäftigten sind begeistert und die Führungskräfte nehmen eine gestiegene Beteiligungsbereitschaft wahr. Viele verschiedene Akteure sind an solchen Kampagnen beteiligt: die Beschäftigten, die sich eingebracht haben, die Betriebsräte und Change-Verantwortlichen, die diese Initiative von der Idee bis zur Umsetzung begleitet haben, sowie die Leitungsebenen, die dafür den Rahmen geschaffen haben, usw.

In den Industriebetrieben wird ebenfalls über die Entwicklung von Leitlinien für eine Lernkultur im Kontext von Industrie 4.0-Ansätzen diskutiert. Orientierungspunkte sind Prinzipien wie Gemeinsamkeit, Verantwortung und Anerkennung. Industriebetriebe formulieren hierzu Leitbilder, die den Wertekanon in Betrieben dokumentieren. Exemplarisch ist der Betrieb A hervorzuheben, in dem zu Beginn der Studie mit Leitbildern zur Qualifizierung von Beschäftigten und mit den Bedingungen zum Lernen eine im Vergleich größere Auseinandersetzung stattfindet als in anderen Betrieben. Zum Beispiel bezieht sich ein Teil des Leitbildes auf die Weiterentwicklung von Kompetenzen im Rahmen kontinuierlicher Lernprozesse. Darin ist verankert, dass sich jeder Mitarbeiter bzw. jede Mitarbeiterin in Zusammenarbeit mit der Führungskraft selbstständig um die Kompetenzentwicklung kümmert. In jeder Abteilung werden die Idealbilder etwas anders mit Leben gefüllt.⁴¹ Zudem gab es in dem Produktionsnetzwerk dieses Betriebes Ausschreibungen und Wettbewerbe für deutsche Standorte, die eine Extra-Förderung für die Qualifizierung in monetärer Form bereitstellen. Beispielsweise hat der Betrieb A einen Weiterbildungsfond eingeworben, um konzeptionelle Ansätze für die Qualifizierung im Kontext von Industrie 4.0 zu entwickeln und umzusetzen. Die finanzielle Unterstützung zur Qualifizierung wird von Beschäftigten als positives Signal zur Weiterentwicklung wahrgenommen. Abweichende Einschätzungen hinsichtlich der Erfahrungen mit der gelebten Lernkultur sind aus Sicht von Beschäftigten die abteilungsspezifischen Dynamiken. Zusätzlich spielen der jeweilige Führungsstil und das Engagement der Vorgesetzten eine bedeutende Rolle, wie das arbeitsbezogene Lernen bei Beschäftigten ausgestaltet ist.

⁴¹ Anmerkung: In allen untersuchten Betrieben ist die Qualifizierung formal nach dem Chancengleichheitsgesetz geregelt. Eine spezielle Betriebsvereinbarung zum arbeitsbezogenen Lernen im Kontext neuer Technikeinführungen gibt es allerdings nicht in allen Betrieben und wird von einigen Betriebsräten abgelehnt und mit einer Vertrauenskultur begründet. Die IG Metall, Hans Böckler Stiftung u.v.m. haben viele Vorschläge veröffentlicht, auf welche Weise geregelt werden kann, dass Beschäftigte mehr Freiräume zum Lernen im Prozess der Arbeit erhalten.

5.3 Vergleichende Analysen arbeitsbezogener Lernhandlungen

Nachdem die wichtigsten arbeitsbezogenen Lernhandlungen aus Sicht der Beschäftigten beschrieben wurden, folgt an dieser Stelle die Analyse zur Frage, unter welchen Bedingungen Industriebeschäftigte bereit sind, sich im Kontext von Industrie 4.0 mit der Digitalisierung auseinanderzusetzen. Diese Frage wurde in der vorliegenden Studie aus einer verstehenden Perspektive vom Subjekt her analysiert. Nachgezeichnet werden dabei die subjektive Sicht arbeitsbezogener Lernhandlungen und die subjektiven Begründungen für expansive, defensive oder auch widerständige Lernhandlungen (subjektive Begründungslogik). Um zu erklären, wie diese Lernhandlungen aus Sicht der Beschäftigten zustande kommen, werden beim arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 Faktoren herausgearbeitet, die eine Lernbereitschaft bei Beschäftigten oder Lernwiderstände begünstigen (subjektive Bedingungslogik). Zusammenfassend ist am Ende der Zusammenhang zwischen der Lernbereitschaft und den Arbeitsbedingungen dargestellt (analytische Verbindung beider Logiken).

5.3.1 Subjektive Begründungen für expansive und widerständige Lernhandlungen

Im Rahmen der Studie lassen sich unterschiedliche Lernhandlungen im Kontext von Industrie 4.0 beobachten, die sich den definierten Kategorien von Holzkamp (1993) zuordnen lassen. Zum Beispiel entscheiden sich Subjekte, ein Problem im Arbeitsprozess zu lösen. In diesem Rahmen erleben sie eine Ausdehnung ihrer Handlungsfähigkeiten und Handlungsspielräume. Hierbei handelt es sich um *expansive Lernhandlungen* (Holzkamp 1993: 190). *Defensive und widerständige Lernhandlungen* hingegen sind als eher als subjektive Reaktionen zu deuten. Das können alternative Handlungsstrategien der Beschäftigten auf eine Verengung der Handlungsspielräume oder auch eine Verweigerung der von außen auferlegten Lernhandlungen sein. Die subjektiven Reaktionen erscheinen aus einer verstehenden Perspektive heraus als sinnvolle oder sogar legitime Handlungsweisen oder sind aus emotionaler Perspektive erklärbar (Holzkamp 1993: 27). Die subjektiven Gründe für die jeweiligen Lernhandlungen werden im Folgenden nachgezeichnet.

5.3.1.1 Subjektive Begründungen für expansive Lernhandlungen

Die befragten Beschäftigten beschreiben im Kontext von Industrie viele expansive Lernhandlungen. Aus ihrer Sicht liegen in der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen viele Anlässe zum arbeitsbezogenen Lernen, die aus der Einführung neuer Technologien und aus der Umstrukturierung der Arbeitsbereiche entstehen. Die subjektiven Gründe der Beschäftigten zum expansiven Lernen beziehen sich dabei auf die technologisch-organisatorischen und die individuell-affektiven Ebenen der Arbeit.

Die Beschäftigten betonen expansive Lernhandlungen besonders zu Beginn der Studie, als in den Betrieben die Einführung abteilungsspezifischer Technologien für die jeweiligen Funktionsbereiche und Anpassungen der Arbeitsorganisation angekündigt wurden. Bei allen befragten Beschäftigten erzeugt die Einführung neuer Technologien großes Interesse, die neuen Anwendungen kennenzulernen. Sie erwarten im Kontext von Industrie 4.0 eine Erleichterung der Arbeit durch die Verbesserung ihrer

Aufgabenzuschnitte und mehr Abwechslung in der Ausführung der Arbeitsaufgaben. Sie sind besonders am Anfang der Studie grundsätzlich aufgeschlossen, sich die neuen Funktionsweisen der Technologien anzueignen und möchten lernen, diese zu bedienen, zu steuern, zu reparieren oder auch weiterzuentwickeln. Exemplarisch bringen dies drei befragte Beschäftigte wie folgt zum Ausdruck:

„Wenn Neues kommt? Ich bin immer aufgeschlossen, es darf nie langweilig werden, habe eine hohe Eigenmotivation, also gehe ich auf die Dinge immer zu. Ich bereite mich auch gedanklich immer vor. Jetzt wird es sicherlich ein bisschen länger dauern, das muss ich für mich auch erst einmal durchsacken lassen, aber kann mich auch, ich würde sagen, dass ich mich früher, wenn ich mal so 10 Jahre zurückblicke, würden mir sicherlich gewisse Dinge leichter fallen, das gebe ich zu. Jetzt denke ich so ein bisschen, ich bin jetzt 55, da ist man dann bald 60, da denkt man ein bisschen mehr über eine Rente nach, dann ist so eine Veränderung (da), macht man das schon anders. Das muss ich für mich auch zugeben. Für mich ist es noch spannend, sagen wir mal, aber auf der anderen Seite auch ein Stückweit gelassener. Vielleicht wenn wir nachher in die heiße Phase gehen, ist das eine andere Geschichte. Im Vorfeld jetzt mache ich mir Gedanken und einen Kopf, wie zeige ich mich und was ich kann. Darüber mache ich mir einen Kopf.“ (F2 Beschäftigte/r 1 #00:02:08-1#)

„Industrie 4.0 ist für mich die Hoffnung auf ein Wegbewegen von der stumpfen Arbeit hin zu einer qualifizierten Arbeit mit Zukunftsaussicht.“ (F1 Beschäftigte/r 2)

„Die Veränderungen habe ich mir seit längerem gewünscht. Es ist weniger diese stupide Abarbeitung der Aufgaben, sondern wir kommen tiefer in die Materie.“ (F1 Beschäftigte/r 3).

Aus Sicht der Beschäftigten nehmen Führungskräfte bei der Organisation von Lernhandlungen eine besondere Rolle ein. Sie stimulieren im Kontext von Industrie 4.0 vor allem die Lernbereitschaft, wenn sie ausgewählte Beschäftigte zur Teamleitung ernennen, sie zur Weiterentwicklung ihres Werdegangs ermutigen oder ihnen die Teilnahme an speziellen Schulungen oder Weiterbildungen ermöglichen. All dies wirkt sich auf die subjektiven Gründe zur Lernbereitschaft aus. Die befragten Beschäftigten betonen, dass sie die Unterstützung von Führungskräften und die Möglichkeiten zu expansiven Lernhandlungen als Wertschätzung ihrer Arbeit wahrnehmen und sich dies auf die weitere expansive Lernbereitschaft auswirkt.

„Da hat er gesagt, dass wir uns noch Schulungen raussuchen können. In den Gesprächen wird dann noch darüber gesprochen, wie das letzte Jahr gelaufen ist, ob die Erwartungen, die er an mich gestellt hat, ob ich die erfüllt habe und was für das nächste Jahr, was er von mir sehen möchte. Und dass wir dann noch mal wegen Qualifizierungen gucken, wegen irgendwelchen Lehrgängen oder so. Und da können wir uns aber selbst etwas raussuchen.“ (F3 Fachkraft 4 #00:27:52-6#.)

„Ich war schon auf sehr sehr vielen Trainings, wo andere Freunde, Bekannte sagen: woah, schon wieder? Ja. ähm einmal, was so Grundlagentrainings angeht, aber auch wenn es darum geht zu sagen, oh ich interessiere mich da und dafür, dann könnte ich dahin gehen.“ (F2 Beschäftigte, Betrieb A #00:54:24-1#)

Gerade am Anfang der Studie betonen die befragten Beschäftigten in den Interviews ihre eigene Lernbereitschaft, die sich im Kontext von Industrie 4.0 signifikant erhöht hat. Sie unterstreichen ihr Interesse, die neuen Möglichkeiten für sich nutzen zu wollen, die im Kontext von Industrie 4.0 im Raum stehen. Sie erkennen für sich persönlich eine Chance, neue technologische Möglichkeiten zu erkunden, ihre (technischen) Kompetenzen zu vertiefen und Probleme mit der neu eingeführten Technologie im

Arbeitsprozess zu lösen. Sie sehen sich als Teil der neuen Entwicklungen in den Betrieben und identifizieren sich hierbei mit der Rolle der *Problemlöser*, die zu einer reibungslosen Produktion beitragen.

Die Beschäftigten betonen außerdem, dass sie mit arbeitsbezogenen Lernhandlungen kontinuierlich ihre Handlungsfähigkeit und auch ihre Handlungsspielräume im Arbeitsprozess durch neue Technologien erweitern und sie mehr selbstbestimmten Austausch im Team haben als zuvor. Auch den Wechsel in neue Arbeitsbereiche nehmen die Befragten als handlungserweiternd wahr. Außerdem betonen sie, dass sie im Kontext von Industrie 4.0 eine Chance zur Weiterentwicklung ihres persönlichen Werdegangs erkennen. Einige haben sogar die Erwartung beruflicher Aufstiegschancen mit einkommensrelevanten Folgen, was sie als gewichtige Begründung für eine gestiegene Lernbereitschaft anführen. Andere Beschäftigte heben hervor, dass sie sich durch die Lernhandlungen weiterqualifizieren wollen, um eine mögliche Arbeitslosigkeit zu vermeiden.

Festzuhalten bleibt an dieser Stelle, dass alle befragten Beschäftigten arbeitsbezogene Lernhandlungen befürworten, wenn sie zu expansiven Chancen führt. Das bezieht sich nicht nur auf die direkten Handlungsspielräume im Arbeits- und Lernprozess und die Bewältigung der Arbeitsaufgaben, sondern auch auf die individuellen beruflichen Aussichten. Sie betonen aber auch, dass sie gerade bei arbeitsbezogenen Lernhandlungen am Arbeitsplatz auf Arbeitsbedingungen angewiesen sind, die im Kontext von Industrie 4.0 expansive Lernhandlungen ermöglichen. Deutlich wurde vor allem, dass Beschäftigte ihre Lernhandlungen als expansiv wahrnehmen, wenn sie neues Wissen über technologische Innovationen erwerben oder ihre Kollegen im Tandem anlernen konnten, aber auch wenn sie Chancen erhielten, an abteilungsübergreifenden Formaten im Betrieb mitzuwirken. Expansive Lernhandlungen begründen Beschäftigte im Kontext von Industrie 4.0 mit ihren subjektiven Erfahrungen, möglichst selbstbestimmt etwas Neues lernen zu können.

Auffallend ist, dass Führungskräfte besonders Beschäftigte fördern, wenn sie über umfangreiche technische Kompetenzen verfügen, die Beschäftigte bereits in den Universitäten erworben haben. Darüber hinaus erhalten jüngere Beschäftigte mit einer technischen Ausbildung von ihren Führungskräften oft Zuschreibungen wie „eine hohe Technikaffinität“ oder „eine besondere Offenheit für Neues“. Diese Zuschreibungen erhöhen die Bereitschaft, diese Personengruppe durch vermehrte Weiterbildungen, Schulungen etc. zu fördern, was sich wiederum auf die expansive Lernbereitschaft der Beschäftigten auswirkt.

5.3.1.2 Subjektive Begründungen für defensive Lernhandlungen

Im Kontext von Industrie 4.0 nehmen Industriebeschäftigte aber nicht durchgängig expansive Lernhandlungen wahr. Aus einer verstehenden Perspektive wurden deshalb auch subjektive Gründe für defensive Lernhandlungen analysiert.

Die befragten Industriebeschäftigten geben an, dass sie im Kontext von Industrie 4.0 defensive Handlungsalternativen entwickeln. Besonders deutlich war dies zum Beispiel, wenn die Beschäftigten aus subjektiver Sicht ein Lernen in bestimmten Gruppen vermeiden wollten. Sie suchten nach Auswegen, nicht an betriebspezifischen Lernangeboten teilzunehmen und begründeten es damit, dass sie ungestört ihrer Aufgabe und ihrer Lernhandlung nachgehen wollten. Ihr Interesse lag darin, sich selbstbestimmt und teilweise firmenunabhängig neues Wissen über neue Technologien anzueignen. Das führte bei einigen dazu, dass sie nicht an betriebsübergreifenden Lernangeboten teilnahmen und sich ihre Lernzeiten ins Privatleben verschoben. Defensive Lernhandlungen waren außerdem erkennbar, wenn betrieblich organisierte Lernangebote auf bestimmte Beschäftigte zugeschnitten wurden und diese eher passiv an den Schulungen teilnahmen. Nur in Ausnahmefällen waren defensive Lernhandlungen erkennbar. Zum Beispiel wenn es um Karriereaussichten ging und die Beschäftigten hierfür noch Zertifikate benötigten. Die Beschäftigten verhielten sich defensiv, indem sie Vorgesetzten signalisieren, dass sie die Veränderungsvorhaben unterstützen, aber ohne sich auf die einzelnen Themen stärker einzulassen oder die Lerninhalte der Schulungen in das eigene Arbeitshandeln zu integrieren. Sie stellten daraus für sich in einem geringen Maße einen sinnhaften Zusammenhang zum Lerngegenstand her. Die Aneignung neuer Technologien beschreiben die befragten Beschäftigten als „stressig und zugleich ermüdend“ da „parallel zu den täglichen Anforderungen“ das Arbeits- und das Lernhandeln stattfindet. Lernangebote, die aus Sicht von Beschäftigten didaktisch unzureichend aufbereitet sind, erschweren die Entwicklung der Lernbereitschaft und vor allem im Zeitverlauf das Aufrechterhalten der Lernbereitschaft. Defensives Lernhandeln dient den Beschäftigten dazu, im vorgegebenen Rahmen Leistungen abzuliefern oder Lernerfolge vorzutäuschen, um etwa andere zufrieden zu stellen oder Sanktionen abzuwenden.

Auch frühere subjektive Erfahrungen können bei Beschäftigten mit einer längeren Betriebszugehörigkeit trotz einer hohen Lernbereitschaft zu defensiven Lernhandlungen und einem abwartenden Verhalten führen, weil Beschäftigte für die neuen Entwicklungen zwar offen sind, aber vielen der Entwicklungen mit mehr Gelassenheit begegnen.

Festzuhalten bleibt an dieser Stelle, dass alle befragten Beschäftigten im Kontext von Industrie 4.0 vorübergehende Erfahrungen mit defensiven Lernhandlungen haben. Sie sehen darin eine Dimension der Lernbereitschaft, die aber durch äußere Umstände blockiert wird oder erkennen nicht die Sinnhaftigkeit des Lerngegenstandes. Sie wollen Zeit für ihre eigenen Lernhandlungen gewinnen und betonen, dass es oft darum geht, selbstgesteuerte Lernhandlungen trotz gesteigerter Anforderungen im Arbeitsprozess zu bewältigen. Einige betonen auch, dass sie Zeit benötigen, um eine andere Einstellung gegenüber den Veränderungen gewinnen und über frühere Lernerfahrungen zu reflektieren. Es handelt sich um subjektive Gründe, die es rechtfertigen, einen wirklichen Lernprozess zu umgehen oder zu verhindern.

5.3.1.3 Subjektive Begründungen für widerständige Lernhandlungen

Im Kontext von Industrie 4.0 nehmen Industriebeschäftigte nicht durchgängig expansive Lernhandlungen wahr. Aus einer verstehenden Perspektive wurden deshalb auch subjektive Gründe für

widerständige Lernhandlungen analysiert. Widerständige Lernhandlungen waren Reaktionen, die Beschäftigte im Verlauf der Studie entwickelt haben. Sie lassen sich in *kurzfristige und verfestigte Lernwiderstände* einteilen.

Kurzfristige Widerstände beim Lernhandeln treten in sehr unterschiedlichen Zusammenhängen auf. Sehr deutlich zeigten sich vorübergehende Widerstände, wenn nach der Einführung neuer Technologien diese nicht wie gewünscht funktionierten oder erste Unsicherheiten im Umgang mit neuen Technologien nicht gleich aufgefangen wurden. Aus Sicht der Beschäftigten traten beim Umgang mit der neuen Technologie zudem nach einer bestimmten Zeit Gewöhnungseffekte ein. Im Verlauf der Studie wurde dies meist durch die begleitende Heranführung der Teamleitungen aufgelöst. Sie führen ihre Teams langsam an die neuen Anwendungen oder Maschinen heran und versuchen, ihnen im Arbeitsprozess so viel Zeit wie möglich zum Ausprobieren zu geben. Die Beschäftigten der Teams bestätigen, dass einfaches Zeigen oft nicht ausreicht und die Erwartungen an das Lernen oft zu hoch angesetzt sind. Sie betonen, dass es vielmehr um eine grundsätzliche Akzeptanz geht und sich erst über das Erklären der Vorteile sowie über regelmäßige Wiederholungen in der Anwendung die Blockaden sukzessive auflösen. Einige Beschäftigte entwickelten auch widerständige Lernhandlungen, weil sich vorübergehend die Arbeit bei gleicher Personaldecke verdichtete.

„Vorher haben wir in der BEV⁴² nur geschnitten, einfach nur in die Kiste zack-zack-zack. Jetzt müssen wir extra arbeiten. Genau wie für den Roboter, wir müssen die ganzen Sachen, die dort reinkommen, alles vorher in Trays reintun. Das ist eine andere Tätigkeit in der Arbeitsvorbereitungstätigkeit. Vorher war das einfacher und da haben wir eine Verpackungseinheit genommen.“ (F3 Beschäftigte/r 4 #01:02:04-7#)

Vorübergehende Widerstände treten bei Beschäftigten auch auf, wenn sehr lernbereite Beschäftigte erst zu einem viel späteren Zeitpunkt an Schulungen teilnehmen können. Das verfestigte sich bei Beschäftigten, die teilweise erst ein Jahr später als andere Kolleg*innen geschult wurden.⁴³ Außerdem nennen Beschäftigte für kurzfristige Lernwiderstände den anfänglich fehlenden abteilungsübergreifenden Austausch im Zuge der Einführung neuer Technologien in der direkten Produktion und die Auswirkungen in der internen Logistik. Aus Perspektive der Logistik verbessern sich in der Produktion viele Prozesse, aber die Fertigung weiß oft nicht, dass für die Logistiker*innen dadurch Mehraufwand und/oder Umwege entstehen. Den Logistiker*innen fehlt vor allem im Kontext von Industrie 4.0 eine interne Anerkennung für die Service- und Dienstleistungsarbeit im Betrieb. Beschäftigte in der Logistik fühlen sich dadurch subtil abgewertet. Das führt dazu, dass es nicht nur bei neuen Technologien zur mangelnden Akzeptanz, sondern auch im Arbeitsprozess vorübergehend zu Blockade- oder

⁴² Anmerkung: BEV ist die Abkürzung für die Bauelementevorbereitung. In diesem Bereich arbeiten auch leistungsgewandelte Menschen oder Menschen mit einem Handicap. Die Beschäftigten sortieren zum Beispiel manuell Materialien und führen manuell Zuschnitte aus. Wenn sich die Logistik in Richtung „papierlos“ entwickelt, ist aus Sicht der Teamleitungen unklar, wie die Kommissionierlisten und die BEV-Listen zu den Beschäftigten kommen sollen, so „dass die Beschäftigten wissen, wie sie schneiden müssen. Jetzt müssen wir halt schauen, wenn wir gar keine Listen mehr haben wollen, wie machen das? Stellen wir ihnen einen Rechner hin und versuchen es?“ (F4 Logistik 2 #00:05:37-2#)

⁴³ Anmerkung: Die Budgetplanung für Weiterbildungen erfolgt in allen untersuchten Betrieben einmal jährlich und steht im Widerspruch zu den kurzzyklischen Einführungsrythmen der Technologien im Kontext von Industrie 4.0.

Abwehrhaltungen kommt, die im vertieft untersuchten Betrieb teilweise durch übergreifende Informationsangebote wieder aufgelöst wurden.

„Okay, kann ich vielleicht verstehen. Es sind da auch nochmal andere Sachen, wo wir nicht alle Sonderheiten abfangen konnten oder vielleicht nicht richtig bedacht haben, weil wir in viele Prozesse nicht so richtig involviert sind oder den Prozess auch gar nicht richtig kannten, sondern nur grob. Was bis ins Detail dahinter steckt, da waren wir teilweise gar nicht so richtig drin. Wir haben zwar die Kollegen einbezogen, aber auch da kam nicht das Feedback. Vielleicht ist das auch ein Hinderungsgrund. Wir sind noch in der Such- und Findungsphase, warum sie das Gerät nicht nutzen. Da werden wir viel mit den Kollegen sprechen oder die Teamleiter direkt drauf ansprechen. Ich glaube, dass ich die Teamleiter jeden Tag nerve, dann sind die irgendwann von meinen Fragen genervt: Hast Du sie schon angesprochen und am zweiten Tag: Hast du die Kollegen schon angesprochen. Am dritten Tag: wieder. Und der andere mir die Antwort "nein" gibt, beim vierten Mal macht er es dann wirklich.“ (F5 Beschäftigte/r 4 #00:27:45-2#)

Verfestigte Widerstände begründen Beschäftigte zum Beispiel damit, dass sie aufgrund der Budgetplanungen und Budgetkürzungen, Reisekostenplanungen etc. an keinen oder erst zu einem sehr späten Zeitpunkt an handlungserweiternden Schulungen teilnehmen konnten. Widerständige Lernhandlungen verfestigten sich auch, wenn die Beschäftigten erkannten, dass sich bereits verengte Handlungsspielräume in Arbeitsprozessen weiter verengten und die Arbeit mehr als zuvor aus Monotonie bestand. Außerdem kam es zu Verfestigungen, wenn der Wechsel zwischen den Arbeitsplätzen nicht selbstbestimmt oder aus Sicht der Beschäftigten wiederholt zu kurzfristig erfolgte.

„Die haben ihre Leute und es ist einfach kein Platz mehr. Es waren viele Leute sauer gewesen. Viele hatten Interesse gehabt. In jeder Schicht sind jetzt zwei Mitarbeiter und in einer sogar drei. Aber bei der Azubine, die jetzt ausgelernt hat, das war uns jetzt so ein bisschen ein Dorn in Auge. Wir haben uns schon längst gemeldet, um das ein bisschen weiter zu verfolgen. Und mag sein, wir sind alte Hasen und die hatte dann ausgelernt und war gleich in dem Team drin und das fanden wir nun leider nicht sehr korrekt. Das kannst du nicht thematisieren ... Das haben wir in uns reingefressen und uns gefragt, was soll das denn? Die soll doch erstmal in ihr Berufsleben reinschnuppern. Ja, aber das wurde dann halt gemacht und dann hatten wir nicht mehr die Chance. Die Plätze sind voll, die brauchen nicht mehr und dann hab ich gesagt: dann halt nicht, dann macht euren Mist alleine. Das Schulungsthema ist dann erstmal verworfen. Da wurde auch nie wieder drüber gesprochen.“ (F2 Beschäftigte/r 2 #00:45:43-5#)

Deutliche Widerstände formulierten Beschäftigte, wenn nur ausgewählte Beschäftigte eine besondere Position im Veränderungsprozess erhielten und die übrigen aus dem früheren Team an den bestehen Aufgaben verblieben und sich diese Aufgaben dann verdichteten. Zum Beispiel wurde dies im Zuge der Bildung von Kompetenzteams oder der zügigen Einarbeitung an neuen Maschinen und Anlagen von denjenigen Beschäftigten geäußert, die nicht für diese Rollen ausgewählt wurden. Es kam zu weiteren Verfestigungen der Lernwiderstände, wenn lange keine Rückmeldungen von Vorgesetzten zu hören waren. Weitere Widerstände kamen zustande, obwohl die Beschäftigten einbezogen wurden.

„Bei ihm (Vorgesetzter) war ich letztes Jahr gewesen und habe gesagt, dass ich das gerne machen würde. Ich würde auch gerne die Schulung machen. Das Einzige, was ich nicht machen würde, ist das Teil zu programmieren. Aber ich würde, wenn Störungen sind, die gerne selbst beheben können. Es gab Interesse. Das wurde nicht aufgenommen, aber ich kann doch nicht das so aussuchen, die ist da drin und andere warten nun ewig auf einen Bescheid, was nun los ist. Na klar ist man da ein bisschen sauer da drüber, oder? Also ich ja. Ich bin da ein bisschen sauer drüber und ich sag das auch offen und ehrlich

und ich will das jetzt auch nicht mehr. Da brauchen sie jetzt auch nicht mehr kommen. Der Zug ist abgefahren. Ja nicht nur, weil sie nachher vielleicht noch einen Notnagel brauchen. Ne der Zug ist für mich abgefahren.“ (F2 Angelernte/r 2 #00:47:57-6#)

„Ich habe mich immer wieder eingebracht, Ideen geliefert, aber die machen wie es ...dann mache ich nicht mehr mit... also ich dann jedenfalls nicht mehr. Andere bestimmt auch nicht mehr, also manche. Man kann nicht von allen reden. Aber ich sage mir, wisst ihr, wenn wir sowieso nicht gehört werden.... Du gibst Vorschläge ab und dann kommt das überhaupt nicht zur Geltung, dein Vorschlag. Dann mach dein Mist alleine. Ja steck dir die Kohle ein und freu dich... Ja es sollte auch ganz anders aussehen, aber ist auch egal, jetzt müssen wir durch.“ (F2 Beschäftigte/r 2 #01:17:48-7#)

Erfahrene Beschäftigte betonten, dass sich Lernwiderstände bei ihnen verfestigen, wenn sie im beruflichen Sozialisationsprozess wiederholt kaum Gelegenheiten hatten, selbstständige Problemlösungen zu entwickeln und in der Vergangenheit immer wieder die Aussichten auf eine berufliche Weiterentwicklung fehlten. Das kann sich dann auch auf andere Lernhandlungen ausdehnen. Aus der anfänglichen Bereitschaft neue Arbeitskräfte anzulernen, entwickelten sich Widerstände, wenn die ausgewählten Pat*innen unfreiwillig benannt wurden und demnach wenig motiviert sind, ihr Wissen weiterzugeben. Genannt werden aber auch die eigenen Fähigkeiten, die nicht geschult wurden, um anderen die Prozesse gut zu erklären. Die Wissensweitergabe beim Anlernen von Leihkräften verfestigten auch Widerstände. Die vorher sehr motivierten Pat*innen verlieren mit der Zeit das Interesse, ihr Wissen vor allem an Leihkräfte weiterzugeben, wenn diese angelernt und später nicht fest ins Team übernommen werden und sich der Prozess einige Jahre wiederholt.

„Das ist, wo wir uns eigentlich auch ärgern, weil du lernst sie ja an. Wir haben dann welche, die sind bombastisch. Sind super. Ja aber dann müssen sie nach 15 Monaten oder so wieder gehen. Und dann sind wir natürlich stinkig. Es wurden letztes Jahr welche übernommen. Das waren jetzt 10 oder 15 Leute. Aus der Leiharbeit wurde ein Anstellungsverhältnis. Gestern haben wir gehört, jetzt ist wieder Einstellungsstopp, dafür müssen dann ein paar Leiharbeiter wieder gehen. Wenn dann wieder viel zu tun ist, kommen wieder neue und wenn wir Glück haben, kommen die, die schon mal da waren und wenn du Pech hast, kommt einer, der überhaupt noch nicht da war. Dann fängst du praktisch alles wieder von vorne an. Sagen wir mal so, es ist nicht schwer und ich brauch auch nicht lange jemanden anzulernen. Das Tool sagt dir ja ganz genau, was du machen müsst. Wenn einer ein bisschen pfiffig ist, dem zeig ich das einmal und dann weiß er es. Wir sind ja nie weit weg.“ (F2 Beschäftigte/r 3 #00:39:39-4#)

„Du bist dann Anlerner, und je nachdem kriegt man dann einen zugewiesen zum Anlernen. Das Problem ist aber, dass die Leiharbeiter oft ziemlich schnell wieder abgemeldet werden und ich in letzter Zeit ständig neue Leihkräfte zum Anlernen hatte. Irgendwann hat man keine große Lust mehr, die immer anzulernen. Man weiß, jetzt macht man das wieder ein paar Wochen und dann sind sie wieder weg. Das ist auch Zeitaufwand und wenn man dann sowieso schon mehr Arbeit hat mit dem Automaten oder dem Roboter, dann ist es natürlich immer schwierig.“ (F2 Beschäftigte/r 4 #00:21:56-9#)

Festzuhalten bleibt an dieser Stelle, dass widerständige Lernhandlungen nicht grundsätzlich auf eine fehlende Bereitschaft zum arbeitsbezogenen Lernen bei Beschäftigten zurückzuführen sind. Ganz im Gegenteil entwickeln sich aus der anfänglich hohen Lernbereitschaft nachvollziehbare Reaktionen auf unzureichende Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernhandeln. Im Kontext von Industrie 4.0 reagieren einige Beschäftigtengruppen mit widerständigen Lernhandlungen, weil sie unter erschwerten Bedingungen nicht (mehr) bereit sind, ihre Lernhandlungen umzusetzen oder durchzusetzen. Sie verlieren im Verlauf der Studie die Bereitschaft, sich mit Digitalisierung auseinanderzusetzen. Rekonstruierend

wurde aber auch deutlich, dass einige Beschäftigte sich im Verlauf ihrer beruflichen Sozialisation wiederholt neue Themen aneignen wollten und die Arbeitsbedingungen dies wiederholt verhindert haben. Hier haben sich über längere Zeiträume regelrechte Abwehrhaltungen und widerständige Reaktionen herausgebildet, die im Kontext von Industrie 4.0 neu zum Vorschein kommen. Besonders stark verfestigte Widerstände kamen aus Sicht von Beschäftigten dann zustande, wenn durch die Einführung neuer Technologien mehrfach wiederholt die Handlungsfähigkeit der Beschäftigten nicht erweitert wurde, vorherige Erfahrungen nicht mehr gebraucht wurden und die Anerkennung der Erfahrungen intern infrage gestellt wird.

5.3.2 Subjektive Sicht auf Lernbedingungen und Einfluss auf Lernhandlungen

Nachdem sich in der Analyse herausstellte, dass Beschäftigte expansive, defensive und widerständige Lernhandlungen mit den Arbeitsbedingungen begründen, wurden diese vertieft analysiert. Die Analyse der Bedingungen zum Lernhandeln während der Umsetzung von Industrie 4.0 erfolgt aus subjektzentrierter Perspektive. Als Orientierung dienen die Kriterien, die zur Beurteilung der Lernförderlichkeit von Arbeitsplätzen entwickelt wurden (Frieling et al. 2006, Frieling und Sonntag 2009, Dehnbostel 2008, S. 6). Die folgende Abbildung veranschaulicht tabellarisch diese Kriterien zur lernförderlichen Gestaltung von Arbeit.

Frieling et al. (2006)	Dehnbostel (2008)
Ganzheitlichkeit	Vollständigkeit von Arbeitsaufgaben
Selbstständigkeit	Gelegenheiten zum Entwickeln von Selbstständigkeit
Kommunikation/Kooperation	Kooperations- und Kommunikationsmöglichkeiten in der Arbeit
Zeitdruck	Transparenz und Beeinflussbarkeit der Arbeitsinhalte
Variabilität	Anforderungsvielfalt der Arbeitsaufträge
Komplexität	Grad der Nutzung der erworbenen Kompetenzen
Partizipation, Feedback	Partizipation bei der Gestaltung und Evaluation der Lernumgebung

Abbildung 10: Kriterien zur Beurteilung von Lernförderlichkeit, Dehnbostel 2018

Wie in der Abbildung 10 aufgelistet, entscheiden mehrere Faktoren darüber, ob eine Arbeitsaufgabe oder ein Arbeitsplatz als lernförderlich einzustufen ist. In der vorliegenden Studie wurde im Hinblick auf diese Faktoren die subjektive Sicht der Industriebeschäftigten auf ihre Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen analysiert und kategorisiert.⁴⁴

Die Arbeitsprozesse sind nach Auffassung der Beschäftigten in Industriebetrieben kaum ohne Arbeitsteilung ausführbar. In jedem der vertieft untersuchten Funktionsbereiche ist die Ansicht verbreitet, dass es ausführende und planerische Tätigkeiten gibt. Neu ist, dass Kompetenzteams überwiegend Aufgabenzuschnitte haben, die nach dem Prinzip der Vollständigkeit organisiert sind. Lediglich die Logistikprozesse führen die Teams der produktiven Dienstleistungen durch.

⁴⁴ Anmerkung: Anders als vielleicht beim schulischen oder beruflichen Lernen in Institutionen sei gerade beim arbeitsbezogenen Lernen auf die Besonderheit hingewiesen, dass die Arbeits- und die Lernbedingungen sehr eng miteinander verwoben sind.

Hinsichtlich der Anforderungsvielfalt der Arbeitsaufgaben unterscheidet sich die Arbeit von formal geringqualifizierten und technisch ausgebildeten Beschäftigten teilweise erheblich. Insbesondere technisch ausgebildete Fachkräfte betonen, dass sie ihre Arbeit selbstbestimmt einteilen und sich dadurch Freiräume zum arbeitsbezogenen Lernen erschaffen. Außerdem unterstreichen sie, dass sie meist mit eigenen technischen Geräten ausgestattet sind, einen frühzeitigen Zugang zu Informationen haben und selbstständig Lösungen im Arbeitsprozess entwickeln können. Die Kommunikations- und Kooperationsmöglichkeiten unterscheiden sich ebenfalls im Hinblick auf die Vorbildung der Beschäftigten, allerdings nicht so gravierend. Technisch ausgebildete Fachkräfte haben jedoch einen Vorsprung an Informationen und genügend Freiraum und Gelegenheiten, ihre Arbeitszeiten für selbstgesteuerte Lernprozesse sinnvoll zu nutzen. Dadurch entstehen auch mehr Möglichkeiten, an der Gestaltung der Rahmenbedingungen mitzuwirken und selbstverantwortliche Entscheidungen nicht nur im Arbeitsprozess, sondern auch im Lernprozess zu treffen.

Der Grad der Nutzung erworbener Kompetenzen unterscheidet sich aus Sicht der befragten Beschäftigten deutlich. Vor allem formal gering qualifizierte Beschäftigte haben seit der Einführung weiterentwickelter Technologien in ihrem Arbeitsbereich vermehrt den Eindruck, dass ihr erworbenes Erfahrungswissen nicht mehr in dem Maße zum Einsatz kommt, wie es zuvor üblich war. Das führen sie auf die Art der Technologien zurück, die bspw. Handlungsanweisungen vorgeben und Fehler erkennen, gerade in den Bereichen, in denen die Automatisierungslogiken stark voranschreiten. Und auch die Arbeit mit digitalen Assistenzsystemen erzeugt bei dieser Beschäftigtengruppe diesen Eindruck. Im Gegensatz dazu steigen die Anforderungen bei technisch ausgebildeten Fachkräften und sowohl die neu erworbenen wie auch bereits erworbene Kompetenzen kommen im Umsetzungsprozess in vielfältiger Weise und vermehrt zum Einsatz.

Zwei wichtige Faktoren, die sich im Rahmen der Studie herauskristallisiert haben, war der Grad der Nutzung bereits erworbener Kompetenzen und die Partizipation bei der Gestaltung der Arbeits- und Lernumgebung. Aus Sicht der Befragten verändert sich an dieser Stelle am meisten im Kontext von Industrie 4.0.

Die Einbindung der Beschäftigten nimmt aus Sicht der befragten Führungskräfte im Zusammenhang mit der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen zu. Bei befragten Beschäftigten sowohl in der direkten Produktion und als auch in produktionsnahen Dienstleistungen besteht der Wunsch, frühzeitig und in einem hohen Maße in die Veränderungen eingebunden zu sein. Instandhaltungskräfte betonen zum Beispiel, dass dies wichtig sei, um sich rechtzeitig mit neuen Funktionsweisen auseinanderzusetzen und im Falle von Störungen angemessen zügig reagieren zu können. Beschäftigte in der Logistik unterstreichen mehrfach, dass sie ihre Ideen bei der Gestaltung der Bedienertechnologien im Wareneingang einbringen wollen.

Das zeigt sich auch in Bezug auf das arbeitsbezogene Lernen. Eine gängige Praxis ist das kollegiale Anlernen, bei dem zuerst Multiplikatoren von Führungskräften ausgewählt und positioniert werden, um den restlichen Teil der Belegschaft positiv auf die Veränderungen in den Werken einzustimmen. Es wird versucht, motivierte und jüngere Beschäftigte für diese Rolle zu gewinnen. Führungskräfte wählen dieses Vorgehen, weil sie positive Abstrahleffekte für die Lernbereitschaft anderer Beschäftigter annehmen. Zur Einbindung gehören aus Sicht von Beschäftigten auch die betrieblichen Informationsangebote. Im

Kontext nehmen sie verstärkt die Veröffentlichung abteilungsspezifischer und abteilungsübergreifender Lernangebote auf virtuellen Plattformen wahr. Aus Sicht der Führungskräfte ist somit das vielfältige Qualifizierungsangebot für alle Beschäftigten sichtbar. Allerdings nehmen nur wenige Fachkräfte an diesen Angeboten teil und die befragten Beschäftigten begründen dies damit, dass es ihre Arbeitsbedingungen kaum zulassen, sich während der Arbeitsaufgaben online zu informieren und sie nicht ihre Pausen dafür nutzen möchten.

Aus Sicht der Beschäftigten, die nicht an Büroarbeitsplätzen arbeiten, bleiben die Angebote oft unbekannt und die Teamleitungen sind dann gefragt, persönlich über diese Angebote zur Weiterentwicklung zu informieren. Zusätzlich bieten regelmäßig stattfindende, betriebsinterne Veranstaltungen den Beschäftigten die Gelegenheit, sich abteilungsübergreifend über vielfältige Teilnahmeoptionen zur Qualifizierung zu informieren. Zu enge Zeitfenster zum Lernen im Prozess der Arbeit und der fehlende Austausch über neue technologische Entwicklungen begünstigen allerdings widerständige Lernhandlungen.

Die befragten Beschäftigten unterstreichen darüber hinaus, dass sich Zuschreibungen von außen – wie etwa zur Lernbereitschaft oder zur Technikaffinität usw. – förderlich oder hemmend auswirken. Gerade das Alter der Beschäftigten wird oft mit Zuschreibungen zur privaten und beruflichen Technikaffinität oder mit fehlendem Lernwillen in Zusammenhang gebracht. Anhand dieser Kriterien wählen aber Vorgesetzte für die Qualifizierung aus. Bei älteren geringqualifizierten Beschäftigten wird wenig Technikaffinität angenommen. Eine fehlende private Technikaffinität wird zudem auf die berufliche Affinität, sich mit der Digitalisierung auseinanderzusetzen, übertragen.

„Wenn ich privat keinen PC habe und es nicht nutze und das für mich eine Technik ist, die ich nicht spannend oder für mich gewinnbringend empfinde, dann weiß ich nicht, ob es Sinn macht, solche Mitarbeiter zu schulen. Also nicht falsch verstehen, ich gönne denen das Wissen. Nur meine Befürchtung ist, dass ist für alle Seiten verschenkte Zeit.“ (F3 Fachkraft 3 #00:22:26-6#)

Vorgesetzte und auch Teamkolleg*innen, die vom privaten Techniknutzungsverhalten auf die berufliche Affinität schließen, sich mit Technik auseinanderzusetzen, bemerken oft nicht, dass sich diese Zuschreibung als Fehleinschätzung herausstellen kann. Außer Acht bleibt bei solchen Überlegungen auch, dass Beschäftigte ihrerseits auf implizite Zuschreibungen reagieren. Außerdem orientieren sich im Kontext von Industrie 4.0 die Arbeitsplatzgestaltung und die betrieblichen Angebote zum arbeitsbezogenen Lernen bisher zu wenig an lernförderlichen Kategorien. Es fehlen weiterführende Überlegungen, wie Beschäftigte alternativ an neue Technologieanwendungen herangeführt oder neue Technologien so am Arbeitsplatz eingebettet werden könnten, dass diese ein Lernen direkt im Prozess der Arbeit ermöglichen. Hierbei nehmen Führungskräfte aus Sicht der Beschäftigten eine wichtige Rolle ein und auch in den Leitbildern ist erkennbar verankert, dass Führungskräfte in Bezug zum arbeitsbezogenen Lernhandeln eine beratende und unterstützende Funktion einnehmen sollen. Aus Sicht der Führungskräfte geht es in allen Abteilungen und Projekten darum, was sie zur Entwicklung von Talenten bei Beschäftigten beitragen können. Die befragten Führungskräfte haben einen eigenen Anspruch herauszufinden, was die Menschen begeistert und wie sie gerne lernen. Allerdings ist nicht immer

eindeutig klar, wann die Beschäftigten selbstständig auf die Führungskräfte zukommen sollten und wann die Führungskräfte auf Beschäftigte zugehen.

Eine wichtige Bedingung, die aber nicht in lernförderlichen Kriterienkatalogen abgebildet ist, beinhaltet das Vorgehen der Führungskräfte bei der Auswahl von Beschäftigten, die qualifiziert werden sollen. Die Erhebung des Qualifikationsbedarfs und die Entscheidungskriterien sind bisher in den Betrieben wenig reflektiert. Unter Führungskräften variieren die Auffassungen, wann und wie Beschäftigte qualifiziert werden. Viele Führungskräfte entscheiden ausschließlich in Abhängigkeit vom verfügbaren Budget über eine Qualifizierung. Die Entscheidungen für oder gegen eine Qualifizierung basieren oft auf Zuschreibungen. Einige Führungskräfte dokumentieren Kenntnisse und Fähigkeiten von Beschäftigten mit technischen Hilfsmitteln, so dass sie einen schnellen Überblick über die Kompetenzen und Qualifikationen von Beschäftigten haben. Mit der Anwendung soll sichtbar werden, wo die Beschäftigten eingesetzt oder weiterentwickelt werden müssen. Die Daten werden in den jährlichen Entwicklungsgesprächen evaluiert. Allerdings wurden Erfahrungswerte von Beschäftigten, die zum Beispiel durch Rotation entstehen oder weniger arbeitsplatzbezogene Interessen wie außerbetriebliche Computerkenntnisse o. ä., nicht erfasst. Das Selbstverständnis von Führungskräften verändert sich aber auch im Umsetzungsprozess von Industrie 4.0-Ansätzen. Führungskräfte sehen sich mehrheitlich als Ermöglicher*in und sehen ihren entscheidenden Auftrag in der Förderung der Lernbereitschaft ihrer Teams; sie sind gefordert, neue Konzepte für die Suche nach geeigneten Fachkräften zu entwickeln. Zur Qualifizierung für Führungskräfte gibt es viele Angebote, die sich inhaltlich mit dem neuen Führungsideal 4.0 befassen. Zum Beispiel gibt es Schulungen und Seminare wie etwa *Führen auf Augenhöhe* oder *Führen ohne Macht*, bei denen es um ein sogenanntes demokratisches Führungsverständnis und um verschiedene Herangehensweisen zur Motivation der Beschäftigten geht. Im Umsetzungsprozess stoßen sie dennoch an ihre Grenzen, da sie zu wenig über die Entstehung von Lernwiderständen wissen und wenig selbstkritisch über die Auswirkungen ihrer Zuschreibungen reflektieren.

Zusätzlich zu den bisherigen Kriterien kristallisierte sich eine Querschnittskategorie heraus. Aus der Sicht aller befragten Beschäftigten ist der selbstbestimmte Einfluss auf die Arbeitsaufgabe, die Arbeitsorganisation und die technischen Arbeitsbedingungen, aber auch auf die Lerninhalte und -bedingungen ein wichtiger Faktor, der sich lernförderlich auf Beschäftigte auswirkt.

Im Rahmen der Studie zeigten sich anhand der Kriterien insbesondere im Zeitverlauf zwei zentrale Mechanismen, wie die wahrgenommenen Arbeitsbedingungen die subjektive Lernbereitschaft bei Beschäftigten beeinflussen. Die anfangs hohe Lernbereitschaft, die von allen befragten Akteuren formuliert wurde, unterliegt aufgrund von verschiedenen Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernhandeln starken Schwankungen im Verlauf. Zu Beginn der Studie ist deutlich erkennbar, dass es sich bei der Einführung neuer technologischer Anwendungen in den Werken um einen Prozess mit kontinuierlichen Anpassungen handelt. In unterschiedlicher Art und Weise und in unregelmäßigen Abständen sollen sich die Beschäftigten an die neuen Bedingungen im Betrieb anpassen. Die Beschäftigten wiederum erwarten, dass sich die Arbeitsbedingungen an ihre Bedürfnisse anpassen.

Allerdings zeigt sich in den Interviews, dass je mehr lernförderliche Kriterien beim arbeitsbezogenen Lernen aus Sicht der Beschäftigten zutreffen, desto mehr expansive Lernhandlungen bei Industriebeschäftigten erkennbar sind.

5.3.2.1 *Hoher Grad an lernförderlichen Arbeitsbedingungen und expansive Lernhandlungen*

Mit Blick auf die expansiven und widerständigen Lernhandlungen lässt sich feststellen, dass expansive Lernhandlungen oftmals nur dann gegeben sind, wenn sich die Aussagen der befragten Beschäftigten fast vollständig den Kriterien zur Lernförderlichkeit zuordnen lassen. Die Befragten nehmen an Schulungen teil und erhalten unkompliziert Zugang zu neuem Wissen über neue Technologien. Ihnen stehen ausreichend Spielräume zur Aneignung zur Verfügung und die Arbeitsaufgaben ermöglichen vielfältige arbeitsbezogene Lernhandlungen. Vor allem nehmen sich die Beschäftigten als selbstbestimmte Akteur*innen während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen wahr.

Diese sehr lernförderlichen Bedingungen sind vorwiegend bei technisch ausgebildeten Fach- und Führungskräften mit einem akademischen Qualifikationsgrad zu finden. Für diese Beschäftigten eröffnen sich viele Chancen zur Aufwertung der Arbeit und zum beruflichen Aufstieg, etwa als Datenanalyst*in. Anzumerken ist hier, dass es sich hauptsächlich um männliche und vor allem jüngere Beschäftigte handelt, denen Vorgesetzte eine hohe Lernbereitschaft und Technikaffinität zuschreiben. Das führt dazu, dass sich die Karriereoptionen erhöhen und sie in den Betrieben Anerkennung erhalten. Außerdem war zu beobachten, dass bei technisch vorgebildeten Fachkräften in neu gegründeten Kompetenzteams die umfangreiche Aneignung neuer technischer Kompetenzen und die kommunikativen Kompetenzen im Vordergrund standen. Im Prozess der Arbeit tauschten sich die Fachkräfte in ihrem Team bereits vor der Einführung aus und dies setzte sich in den täglichen Arbeitshandlungen fort. Dadurch entwickelten sie im Arbeitsprozess neues technisch-funktionales Erfahrungswissen. Zusätzlich nahmen die Teams an internen Qualitätszirkeln und vielen weiteren Austauschformaten teil und vertieften das Wissen im kollegialen Austausch. Ergänzend nutzten die Fachkräfte Experten-Netzwerke, um sich betriebsübergreifend mit Fachkräften in ihrem Gebiet über spezielle Fragen zur Technologiefunktion oder zu besonderen Situationen und Problemen auszutauschen. Dabei zeigte sich, dass die räumliche Trennung von Arbeit und Lernen teilweise verschwimmt, aber der inhaltliche Fokus eine größere Bedeutung hat.

In der Studie sind alle arbeitsbezogenen Lernformen und vielfältige Lernhandlungen und Lernorte mit mehr und weniger Nähe zur Arbeitsaufgabe und zum Arbeitsort erkennbar. Schulungen und Seminare etc. sind darauf ausgerichtet, dass den Beschäftigten ein berufliches Fortkommen ermöglicht wird. Aus Sicht der befragten Beschäftigten gab es frühzeitige, regelmäßige und differenzierte Abfragen zum Lernbedarf und weiterhin Möglichkeiten, über eigene Lernwiderstände zu reflektieren. Das wirkte sich positiv auf die Lernbereitschaft und auch auf die Arbeitszufriedenheit aus. Außerdem lassen die Arbeitsbedingungen den Beschäftigten genügend Freiraum für selbstgesteuertes Arbeitshandeln und selbstgesteuertes Lernen im Prozess der Arbeit. Darüber hinaus haben die Beschäftigten durch die typische Arbeitsplatzgestaltung einen leichten Zugang zu neuen Informationen über ihre Online-

Netzwerke. Zudem fördert die Teamarbeit in den Abteilungen die Aneignung eines neuen technischen Wissens. Die Beschäftigten nutzen die Lernangebote überwiegend, weil sie darin eine Erweiterung ihrer Handlungsräume oder Aufstiegschancen erkennen. Auch ein partizipativer Führungsstil und Vorgesetzte, die in den Fähigkeiten Zukunftspotenziale erkennen, führen fast durchgängig zu expansiven Lernhandlungen, die sich im Zeitverlauf verstärken; die ohnehin hohe Lernbereitschaft führt wiederum vermehrt zu expansiven Lernhandlungen.

Im Verlauf der Studie führen diese Arbeitsbedingungen dazu, dass die subjektiv wahrgenommene Lernbereitschaft weiter ansteigt. Nur selten treten vorübergehende Lernwiderstände auf, etwa wenn die neuen Technologien nicht gleich wie gewünscht funktionieren. Aber auch wenn Beschäftigte überwiegend förderliche Kriterien für das arbeitsbezogene Lernen beschreiben, aber das Kriterium der Einbindung subjektiv nicht wahrgenommen wurde. Zu kontinuierlichen Schwankungen in der Lernbereitschaft kommt es bei einigen Beschäftigten, wenn sich Handlungsspielräume im Kontext von Industrie 4.0 zwar an einigen Stellen erweitern, aber gleichzeitig an anderen Stellen verengen und Beschäftigte nicht mehr selbst die Reihenfolge der Arbeitsinhalte bestimmen können. Dies wurde am Beispiel der Organisationstechnologien deutlich. Aus einem expansiven Lernhandeln, das Beschäftigte weiterhin in ihrem Arbeitsprozess und durch die Aufgabe wahrnehmen, entwickeln sich bei einigen Beschäftigtengruppen im Verlauf der Studie defensive oder auch widerständige Lernhandlungen. Diese verfestigen sich, wenn sich die Beschäftigten unzureichend in die Gestaltung eingebunden fühlen und sie das arbeitsbezogene Lernen eher als Anpassungszwang wahrnehmen und weniger als Chance zur Weiterentwicklung. Sie verfestigen sich auch, wenn neue Technologien eingeführt werden und adäquate Schulungen aufgrund der Budgetrestriktionen für die Weiterbildung erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Weiterhin verfestigen sie sich, wenn der Produktionsdruck zu wenig Zeit zum arbeitsbezogenen Lernen im Arbeitsprozess zulässt oder wenn der Anwendungsbezug neuer Technologien für die Arbeitsaufgaben unklar bleibt. Diese Konstellation ist in der Studie eine Ausnahme, beschreibt aber die gegenläufigen Tendenzen in der Entwicklung der Lernbereitschaft im Zeitverlauf auf eine besonders eindrucksvolle Weise.

Die Gruppe der technisch qualifizierten Fachkräfte, die anspruchsvolle, vielfältige und komplexe Arbeitsaufgaben ausführen, erhalten viele Möglichkeiten zum Ausprobieren. In ihren Arbeitsprozessen haben sie die Chance, ihre Kompetenzen in vielerlei Hinsicht in ihr Arbeitshandeln einzubringen; es bieten sich viele Gelegenheiten zur Entwicklung von Selbstständigkeit und darüber hinaus viele neue Kooperations- und Kommunikationsmöglichkeiten in ihren Arbeitsprozessen. Besonders erfahrene Beschäftigte wünschen sich im Kontext von Industrie 4.0 noch mehr Einbindung und Anerkennung ihrer Erfahrungen als zuvor. Meist sind sie schon länger in ihrem Arbeitsfeld tätig und verfügen deshalb über ein entsprechendes Erfahrungswissen. Sie erleben expansive Lernhandlungen im Arbeitsprozess, die zu einem Anstieg der Bereitschaft führen, sich mit neuen Technologien zu befassen, und gleichzeitig zeitweise Widerstände, wenn sie in Lernangeboten keinen sinnhaften Zusammenhang mit ihrer Arbeit erkennen. Die größten Widerstände waren in den Zeiträumen erkennbar, in denen Beschäftigte eine deutlich erhöhte Arbeitsintensität beim Einführungsprozess digitaler Technologien wahrnahmen, weil sie sich parallel zu täglichen Aufgaben neue Funktionsweisen der Technologien aneignen mussten. Wenn

der Produktionsdruck im Widerspruch zur subjektiv wahrgenommenen Lernbereitschaft stand, wurden die Potenziale digitaler Technologien zeitweise nicht erkannt. Die Beschäftigten betonen, dass in solchen Bedingungen Hürden für expansive Lernhandlungen liegen und sie zeitweise daran hindern, ihre Lernbereitschaft aufrecht zu erhalten. An diesen Stellen verdeutlichte sich ein wesentliches Gestaltungsfeld. Erkennbar war eine Verschiebung der Lernprozesse ins Private. Das birgt ein Risiko der Überforderung und viele ungerechtfertigte Stresspotenziale.

5.3.2.2 Niedriger Grad an lernförderlichen Arbeitsbedingungen und widerständige Lernhandlungen

Im Gegensatz zu expansiven Lernhandlungen werden aus Sicht der Beschäftigten bei widerständigen Lernhandlungen nur wenige Kriterien lernförderlicher Arbeitsbedingungen erfüllt. Die Arbeitsaufgaben sind aus ihrer Sicht so gestaltet, dass sie wenig Abwechslung im Arbeitshandeln haben und dabei nicht alle ihre erworbenen Kompetenzen nutzen können. Außerdem ist aus Sicht der Beschäftigten kaum möglich, die Arbeitsinhalte oder die Rhythmen beim Arbeiten eigenständig zu beeinflussen. Sie unterstreichen, dass sie aufgrund ihrer langen Zugehörigkeit viele Einblicke in die Produktion haben und in Teams arbeiten und heben die Kooperations- und Kommunikationsmöglichkeiten in der Arbeit hervor. Seit der Umsetzung von Industrie 4.0 nehmen sie mehr Möglichkeiten zur Partizipation bei der Gestaltung der technischen Bedingungen wahr und auch mehr abteilungsübergreifende Einbindungen in die Veränderungsprozesse. Allerdings ist der Zugang zu neuen Informationen und zu neuem technischen Wissen aufgrund des Produktionsdrucks und der Gegebenheiten am Arbeitsplatz erschwert. Zudem verhindern Technologien wie Assistenzsysteme arbeitsbezogene Lernhandlungen. Die Systeme geben den Beschäftigten detaillierte Arbeitsanleitungen vor, in welcher Reihenfolge sie wann das entsprechende Material herausnehmen sollen. Das verengt die Handlungsspielräume im direkten Arbeitshandeln. Am Ende der Aufgabe erhalten sie Smileys oder Häkchen als technisch generiertes Feedback, dass sie dem Ablauf sachgerecht gefolgt sind. Es gibt zwar Ansätze, die Monotonie bei der Aufgabe aufzuweichen, indem einige Beschäftigte zeitweise gleichwertige Tätigkeiten in anderen Arbeitsbereichen ausführen, doch fördern bestimmte Ansätze zur Rotation nicht nur expansives Lernhandeln. Ein inflationärer Einsatz von Rotation, etwa wegen Personalengpässen, die Beschäftigte unvorbereitet und nicht selbstbestimmt in andere Abteilungen beordert, erzeugt sogar widerständiges Lernen.

Die Beschäftigten, die das am ehesten betrifft, sind vorwiegend formal gering qualifizierte Beschäftigte, die in Arbeitsfeldern wie etwa der manuellen Montage und manuellen Bestückung oder der internen Materialversorgung der Logistik tätig sind. Es sind oft auch ältere Männer und Frauen mit weniger beruflicher Vorbildung und teilweise mit schulischen Erfahrungen. Viele Geringqualifizierte sind an einer Qualifizierung interessiert und äußern ihren Lernbedarf. Einige Beschäftigte sind motiviert sich zu verändern, um Auswege aus der Schichtarbeit zu finden. Insgesamt handelt es sich um wenig lernförderliche Arbeitsfelder mit stark repetitiven Aufgabenzuschnitten, die zentral von Auftragsmanagementsystemen gesteuert sind. Bei dieser Beschäftigtengruppe sind nicht alle arbeitsbezogenen Lernformen erkennbar und die Lernhandlungen sind meist nur auf die Arbeitsaufgabe und den Arbeitsplatz als Lernort beschränkt. Lernhandlungen in institutionellen Umgebungen fehlen

fast vollkommen und selbst die Teilnahme an strukturierten Seminaren im Betrieb ist überwiegend eine neue Erfahrung. Bisher wurden Lernhandlungen auf die Anpassung an neue Gegebenheiten beschränkt.

Trotz der anfänglichen Lernbereitschaft bemerken die Beschäftigten im Verlauf der Studie zunehmend, dass sich die Freiräume für arbeitsbezogene Lernhandlungen kaum erweitern. Die Lernbereitschaft unterliegt im Verlauf der Studie deutlichen Schwankungen. Anfangs äußerten die Beschäftigten zwar eine signifikant erhöhte Lernbereitschaft, die mit vielen Erwartungen im Kontext von Industrie 4.0 einhergeht. Im Verlauf der Studie ebnete dies aber deutlich ab, als für Beschäftigte erkennbar wurde, dass die Einführung der neuen Technologien kaum zu einer Ausdehnung der Handlungsspielräume im Arbeitsprozess führt. Das begünstigt die Wahrnehmung der Risiken von Digitalisierung wie die Sorge vor einer Entwertung des Erfahrungswissens, die Sorge vor einem drohenden Arbeitsplatzverlust, die Sorge vor Einschnitten im Einkommen oder in der Arbeitszeit. Aus Sicht der Beschäftigten entstehen auf diese Weise im Verlauf vor allem widerständige Lernhandlungen, wenn zugleich lernförderliche Bedingungen fehlen. Diese Frustration verfestigt sich im Zusammenhang mit früheren Erfahrungen zur mangelnden Einbindung. Aber auch Zuschreibungen von anderen, die ihnen fehlende Lernbereitschaft oder mangelnde Technikaffinität unterstellen, verfestigen Lernwiderstände selbst bei lernbereiten erfahrenen bzw. älteren Beschäftigten, je öfter sie dies in der beruflichen Sozialisation erlebt haben. Diese Zuschreibungen empfinden sie nicht als Wertschätzung ihrer Arbeit und sie erzeugen in den Beschäftigten das Gefühl, im Produktionsprozess austauschbar zu sein. Aus diesem Grund sollten Vorgesetzte über diese impliziten Vorurteile bewusst reflektieren.

In Ausnahmefällen nehmen Beschäftigte aber auch in wenig lernförderlichen Arbeitsbedingungen punktuell expansive Lernhandlungen wahr. Wenn Beschäftigte zum Beispiel von Führungskräften für neue Lernteams ausgewählt werden, steigt die Bereitschaft für expansive Lernhandlungen an, weil sie die Entscheidung der Führungskräfte als eine Form der Wertschätzung ihrer Kompetenzen erleben. Die Beschäftigten deuten dies als Vertrauensbeweis in ihre Fähigkeiten. Einige erfahrene Beschäftigte sind stolz, wenn neue Anwendungen an ihren Arbeitsplätzen eingeführt werden und selbst kleine Erfolgserlebnisse an neuen Maschinen fördern punktuell ihre Lernbereitschaft (Technik funktioniert, neues Team funktioniert, Führungskraft informiert usw.). Wenn die Beschäftigten zu Wort kommen und zum Ausprobieren ermutigt werden, vermittelt dies Wertschätzung und ein Gefühl der Zugehörigkeit. Auf diese Weise verringern sich im Verlauf der Studie die Lernwiderstände. Deshalb wünschen sich die Beschäftigten mehr Führung, um die Chancen für eine selbstgesteuerte Entwicklung ihrer Kompetenzen deutlicher zu erkennen. Erfahrene Beschäftigte räumen ein, dass sie eventuell eine geringere Lerndynamik als jüngere Beschäftigte aufweisen und wünschen sich daher Möglichkeiten, ihr individuelles Lern-/Arbeitstempo eigenständig zu regulieren. Einige betonen auch, dass sie aufgrund ihres Alters ein anderes Lerntempo haben und sie ihre Unsicherheiten möglichst ungesehen abbauen wollen.

Trotz teilweise lernwidriger Umstände entwickeln diese Beschäftigten mit der Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 oft (wieder) eine Lernbereitschaft. Allerdings verschieben sich arbeitsbezogene Lernhandlungen auch hier ins Private, weil für die Aneignung neuer Wissensbestände die notwendige Zeit und der notwendige Austausch im Kollegium fehlt. Das führt zu

Zeitverzögerungen beim arbeitsintegrierten Lernen. Im Verlauf der Studie ist feststellbar, dass im vertieft untersuchten Betrieb die Beschäftigten mehr als zuvor eingebunden waren, was selbst bei wenig lernförderlichen Arbeitsbedingungen expansive Lernhandlungen begünstigt. Dadurch erhalten sie vermehrt Anerkennung und Wertschätzung, was wiederum bei den meisten Beschäftigten eine dauerhafte Lernbereitschaft begünstigt. In einigen wenigen Fällen führt es dazu, dass sich die Beschäftigten verstärkt weiterentwickeln und sich stärker einbringen, weil sie sich von Vorgesetzten wahrgenommen fühlen, die daraus wiederum eine erhöhte Lernbereitschaft interpretieren und ihnen deshalb ermöglichen, an Workshops o. ä. teilzunehmen.

5.3.2.3 *Zusammenhang zwischen Arbeitsbedingungen und Lernhandlungen*

Im Rahmen der vorliegenden Studie zeigte sich ein Zusammenhang zwischen der Lernbereitschaft in arbeitsbezogenen Lernhandlungen und den Arbeitsbedingungen. Industriebeschäftigte erleben ihre Lernhandlungen entweder als expansive Erweiterung ihrer Handlungsspielräume oder reagieren abhängig von den Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen auch mit widerständigen Lernhandlungen. Sie nehmen außerdem ein selbstbestimmtes Lernen als eine Erweiterung ihrer Handlungsspielräume wahr. Im Gegensatz dazu erleben sie fremdbestimmte Lernimperative als Zumutung, die zusätzliche Lernwiderstände mit negativen Assoziationen zum Lernen oder zur Lernumgebung erzeugen. Dies kann den Prozess der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen bremsen.

Die Analyse der subjektiven Begründungen für die Bereitschaft zum arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 zeigt, dass Lernwiderstände zwar auch hin und wieder durch individuelle Interessen bestimmt sind, aber aus Sicht der Beschäftigten überwiegend als Reaktionen auf die Rahmenbedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen zustande kommen. Je mehr Faktoren aus dem Prinzip der Lernförderlichkeit auf der Ebene der Technologien und der Arbeitsorganisation aus Sicht der Beschäftigten zutreffen, desto eher wurden expansive Lernhandlungen begünstigt. Umgekehrt war erkennbar, dass widerständige Lernhandlungen sich dann entwickelt haben, wenn Beschäftigte nur wenige lernförderliche Kategorien wahrgenommen haben. Tendenziell verfestigen sich Lernwiderstände, wenn das Kriterium der Selbstbestimmung den einzelnen Kriterien zugrunde gelegt wird. Je länger dieser Zustand anhält oder je öfter sich dieser im beruflichen Sozialisationsprozess wiederholt, desto stärker zeigen sich Lernwiderstände. Das ist keineswegs nur auf Technologien begrenzt, sondern auch auf die Organisation der Arbeit oder eine Kombination aus beidem.

Die Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernhandlungen unterscheiden sich nach dem Grad der Qualifizierung teilweise erheblich. Im Zuge der Einführung neuer Technologien nehmen vor allem Fachkräfte an vielfältigen, betriebsinternen Schulungs- und Trainingsangeboten teil. Die Handlungsspielräume im arbeitsbezogenen Lernprozess von technisch-ausgebildeten Fachkräften und formal gering qualifizierten Beschäftigten unterscheiden sich teilweise erheblich. Am deutlichsten erkennbar war dieser Unterschied zwischen jüngeren Männern mit einer akademischen Technikausbildung und angelernten, älteren Frauen ohne eine formale Ausbildung. Aufgrund der unterschiedlichen Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen entstehen ungleiche Chancen zur

Qualifizierung. Technisch ausgebildete Fachkräfte haben mehr Freiräume zum arbeitsbezogenen Lernen und mehr Gelegenheiten, sich neue Technologien und Verfahren anzueignen oder sich an kollegialen Austauschformaten zu beteiligen.

Im Gegensatz dazu haben formal gering qualifizierte Beschäftigte durch den Produktionstakt weniger Freiraum zum arbeitsbezogenen Lernen. Außerdem verengen neue Technologien Spielräume beim Arbeitshandeln und arbeitsorganisatorische Bedingungen verhindern ein durchgängig expansives Lernhandeln. Für viele Beschäftigte ist eine Entwicklung in die Facharbeit attraktiv, weil sie damit eine Ausdehnung der Entscheidungs- und Handlungsspielräume verbinden, aber auch eine bessere Entlohnung und Entlastung vom Drei-Schicht-System. Einige unterstreichen auch eine mögliche Aufwertung ihres innerbetrieblichen Standings. Die Möglichkeiten, sich in diese Richtung weiter zu qualifizieren, erhalten vereinzelt nur sehr wenige Beschäftigte. Allerdings bestehen im Kontext von Industrie 4.0 weiterhin Grenzen darin, Aufstiegsentwicklungen zu realisieren. Die Befunde veranschaulichen den Zusammenhang zwischen Arbeitsbedingungen und den Auswirkungen auf die Lernhandlungen der Beschäftigten.

Zusammenfassend lässt sich daher festhalten, dass sich die subjektiv wahrgenommenen Bedingungen für ein arbeitsbezogenes Lernen auf die subjektive Lernbereitschaft der Beschäftigten auswirken können. Auf der betrieblichen Ebene zeigen sich Bedingungen, die sich auf die Lernbereitschaft der Beschäftigten förderlich bzw. hinderlich auswirken können. Aber der Zusammenhang zwischen Lernbedingungen und Lernbereitschaft verändert sich aus Sicht der Beschäftigten kontinuierlich. Zu Beginn der Studie ist eine hohe Lernbereitschaft zu verzeichnen. Die Beschäftigten sind aufgeschlossen und signalisieren ihre Bereitschaft, sich neues Wissen über die Digitalisierung anzueignen. Allerdings handelt es sich bei der Lernbereitschaft von Beschäftigten nicht um eine individuelle, konstante Größe, die nur von ihrer inneren Einstellung zur Arbeit oder zum Lernen abhängt. Im Verlauf der Studie wird deutlich, welchen Einfluss die konkreten Arbeitsbedingungen für die Entwicklung und Stabilisierung der individuellen Lernbereitschaft haben können. In allen Einführungsphasen bleibt die Bereitschaft trotz vorübergehender Schwankungen hoch, besonders in den Bereichen, in denen Beschäftigte frühzeitig in die Veränderungsprozesse eingebunden wurden und sich die Handlungsspielräume erweiterten. Die Bereitschaft der befragten Beschäftigten, sich mit Digitalisierung auseinanderzusetzen, hängt stark mit der Ausdehnung von Handlungsspielräumen im Arbeitsprozess zusammen. Des Weiteren war entscheidend, dass die Organisation der arbeitsbezogenen Lernprozesse eine selbstbestimmte Regulierung von Arbeits- und Lernbedingungen ermöglichte und die neu erworbenen Kompetenzen im Arbeitsprozess auch zur Anwendung kommen. Weiterhin kam es auf die Wertschätzung von Führungskräften an und die Aussicht auf eine berufliche Weiterentwicklung. Dies alles trägt dazu bei, dass sich aufkommende Lernwiderstände bei Beschäftigten im Zeitverlauf nicht verfestigen. In den Gruppen, in denen diese Faktoren aus subjektiver Sicht nicht ausreichend gegeben waren, schwankt die Lernbereitschaft im Verlauf der Studie stärker oder verfestigt sich als widerständiges Lernen.

Dies hat gesellschaftspolitische Implikationen. Eine hohe Lernförderlichkeit erzeugt entsprechend geringere Lernwiderstände und verdeutlicht einen wichtigen Faktor im Hinblick auf die Chancen zum

Upskilling. Umgekehrt begünstigen weniger lernförderliche Bedingungen hohe Widerstände und beinhalten Risiken zum *Deskilling*. Die Befunde weisen darauf hin, dass Beschäftigte mit einer akademischen Vorbildung im Kontext von Industrie 4.0 vermehrt Chancen zum *Upskilling* erhalten. Im Gegensatz dazu kann es bei erfahrenen Beschäftigten zur Entwertung des Erfahrungswissens kommen und damit das Risiko zum *Deskilling* verstärken. Die vorliegenden Befunde im gesamten Zeitraum zeigen zusätzlich, unter welchen Bedingungen sich expansive und widerständige Lernhandlungen perpetuieren oder verstärken. Auf der betrieblichen Ebene liegen daher auch Ursachen für die Reproduktion sozialer Ungleichheit beim arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0. Die Gestaltung lernförderlicher Arbeitsbedingungen ist deshalb eine der zentralen Aufgaben in diesem Kontext. Mit Bedingungen, die arbeitsbezogenes Lernen ermöglichen, können unentschlossene Beschäftigte mit weniger expansiver Lernbereitschaft angeregt werden, Interessen für neue Technikentwicklungen im Prozess der Arbeit zu entwickeln und sich verstärkt in die Gestaltung einzubringen.

5.4 Diskussion über Chancen zum Upskilling im Kontext von Industrie 4.0

In diesem Kapitel erfolgte die Beantwortung der Fragen aus dem zweiten Fragekomplex, die sich auf die Qualifizierung der Beschäftigten in Großbetrieben der Metall- und Elektroindustrie beziehen. Wie eingangs erläutert wurde, ging es in der vorliegenden Studie darum, die Bedeutung des arbeitsbezogenen Lernens während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen aus Beschäftigtensicht besonders im Betrieb A vertieft zu untersuchen und vergleichend zu analysieren. Aus den Beobachtungen und Befragungen konnte eine detaillierte Rekonstruktion der arbeitsbezogenen Lernhandlungen bei der Einführung neuer Technologien erfolgen. Das beinhaltet auch subjektive Beurteilungen der Befragten zur individuellen Lernbereitschaft und den wahrgenommenen Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen, die im Zuge der Einführung neuer Technologien von Beschäftigten erlebt werden. Durch die Verlaufsperspektive über mehrere Jahre und die Ausdehnung auf drei weitere Betriebsfallstudien in der Metall- und Elektroindustrie, die im Rahmen des qualitativen Fallstudiendesigns einbezogen wurden, konnten außerdem Entwicklungstendenzen der Chancen für ein *Upskilling* im Hinblick auf das arbeitsbezogene Lernen ermittelt werden. Die Befunde werden im Folgenden zusammenfassend vor dem Hintergrund der Debatten über die Qualifizierung im Kontext von Industrie 4.0 diskutiert.

5.4.1 Einbettung in die soziologische Debatte über Technik, Arbeit und Qualifikation

Wie sind die vorliegenden Befunde der Studie zum arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 nun einzuordnen? Mit Bezug auf die drei zentralen Entwicklungslinien der aktuellen Forschungsdiskussion, die im Forschungsstand dargestellt wurden, kristallisiert sich ein zentraler Entwicklungsstrang heraus.

In den untersuchten Betrieben kommt es auf den ersten Blick mit der Einführung neuer Technologien zu einem allgemeinen Anstieg der Anforderungen an die Beschäftigten und damit entstehen auch Anlässe für arbeitsbezogenes Lernen auf der individuellen und kollektiven Ebene. Durch das spezifische Forschungsdesign, welches die Tiefenstrukturen und die Prozesse der Betriebe im Längsschnitt analysiert,

wird deutlich, dass zumindest in den untersuchten Industriebetrieben kein „General Upgrade“ (Pfeiffer et al. 2016a, S. 86 ff.) feststellbar ist. Auf der betrieblichen Ebene sind Verschiebungen erkennbar, die eher dem Szenario einer „Polarisierung der Organisation“ (Hirsch-Kreinsen 2014, S. 24) entsprechen, denn im Prozess der Einführung neuer Technologien zeigte sich, dass es nicht in allen Qualifikationsniveaus durchgängig zu einer Aufwertung der Arbeit kommt. Im Produktionsgeschehen nehmen sich nicht alle Beschäftigten gleichermaßen in der Rolle als Entscheider*in oder Problemlöser*in wahr, trotz vieler partizipativer Bemühungen (Pfeiffer 2016).

Eine Begründung wird bisher in den betrieblichen Digitalisierungsstrategien gesehen, in denen die Gestaltung der neuen Technologien und deren funktionelle Einsatzgebiete festgelegt sind (Korge et al., 2016). Das würde bedeuten, dass allein in betrieblichen Strategien eingeschrieben ist, ob neue Technologien eher auf eine Automatisierung der Arbeit ausgerichtet sind oder eher auf eine Unterstützung der Beschäftigten im Arbeitsprozess. Dies entspricht auch der konzeptionellen Unterscheidung der Technologien in das sogenannte „*Werkzeugszenario*“ bzw. „*Automatisierungsszenario*“ (Windelband & Spöttl 2012; Dombrowski et al. 2014), die sich unterschiedlich auf Handlungs- und Entscheidungsspielräume zwischen den Beschäftigten und der Technik verteilen.

Mit Blick auf das eingangs dargelegte *Werkzeugszenario* beschreiben die befragten Beschäftigten in der vorliegenden Studie in erster Linie neue Technologien als ein Arbeitsmittel, das sie im Arbeitsprozess nutzen. Uneinig sind sie sich darin, ob sie zu einer Erweiterung der Entscheidungs- und Handlungsspielräume im Arbeitsprozess beitragen oder zu einer Einschränkung der Autonomie im Arbeitsprozess. Beschäftigte mit viel Erfahrungswissen fanden Assistenzsysteme weniger hilfreich als teilweise unerfahrene Leihkräfte, die im Bereich der Einfacharbeit angelernt wurden. Akademisch ausgebildete Fach- und Führungskräfte hingegen nutzen die Assistenzen selbstbestimmt und empfinden diese meist als unterstützend, weil sie die Komplexität für Entscheidungen und Handlungen reduzieren. Im Gegensatz dazu lehnen einige ausgebildete und erfahrene Fachkräfte diese Anwendungen aber auch ab, da sie ihnen anders als zuvor die Organisation ihrer Arbeitsprozesse vorgeben und sie somit weniger selbstbestimmt über Abfolgen im Arbeitsprozess entscheiden können. Beschäftigte betonten, dass der funktionelle Nutzen der Anwendungen auch über ihre Lernbereitschaft entscheidet. Ist der persönliche Nutzen, wie eine Erleichterung der Arbeit, für sie gut erkennbar, ist auch die allgemeine Akzeptanz höher und die Lernbereitschaft nimmt zu. Die Selbstbestimmung in der Nutzung und in der Steuerung der Arbeitsprozesse im komplexen Produktionsgeschehen verstärkt die Lernbereitschaft.

Mit Blick auf das eingangs dargelegte *Automatisierungsszenario* ist eine Verselbständigung einiger Produktionsprozesse erkennbar, die mit neuen IT- und Sensorik-Systemen gesteuert werden. Nachteilig wirken sich diese nicht nur auf die Entscheidungs- und Handlungsspielräume in Arbeitsprozessen aus (Abicht & Spöttl, 2012; Deuse et al., 2015; Dombrowski et al., 2014; Windelband & Dworschak, 2015, 2018; Windelband & Spöttl, 2012). In der vorliegenden Studie zeigten sich darüber hinaus weitere Problematiken. Zum einen führt die verstärkte Standardisierung der Prozesse dazu, dass kognitive Teile der Arbeit und das Erfahrungswissen unter Druck geraten und zu einer Einschränkung arbeitsbezogener Lernprozesse bei einigen Beschäftigten beitragen. Es verschiebt sich auch die Aufgabenteilung zwischen

den Beschäftigten und den Technologien, was eine Polarisierung begünstigt. Das entspricht der Auffassung von Korge et al. (2016), bei der die Technik darüber entscheidet, ob sich Tätigkeiten und Qualifikationen in Richtung einer Aufwertung der Arbeit als *General Upgrade* bei allen Beschäftigten bewegen oder eine *Polarisierung* eintritt mit einer Aufwertung der Arbeit bei hochqualifizierten Beschäftigten bei gleichzeitiger Entwertung der Arbeit bei mittel- und geringqualifizierten Beschäftigten. In der vorliegenden Studie zeichnet sich ab, dass manuelle Tätigkeiten wie in der Montage und Bestückung weiter automatisiert werden und das bisher aufgebaute Erfahrungswissen nur eingeschränkt erforderlich ist. Die datengesteuerten Automatisierungen in den untersuchten Betrieben führen dazu, dass einige der Arbeitskräfte in den Funktionsbereichen nur noch nicht automatisierbare Tätigkeiten übernehmen, aber Beschäftigten kontinuierliche Chancen zur Weiterentwicklung fehlen. Die Lernhandlungen durch die unmittelbare Aufgabe nehmen daher ab und damit auch die Möglichkeit der Entwicklung eines situativen Erfahrungswissens. Die Beschäftigten mit einem geringen formellen Bildungsgrad benötigen aufgrund der *Automatisierung* weniger subjektiverte Anteile des Arbeitshandelns für situative Lösungsansätze im Arbeitsprozess, währenddessen dies umgekehrt für technisch ausgebildete Fachkräfte eher eine Chance auf Weiterentwicklung bietet.

Im Rahmen der Untersuchung zeigte sich daher, dass sich einige *Polarisierungslinien* herausbilden, die nicht nur durch Technologien bestimmt sind. Die vorliegenden Befunde zeigen deutlich, dass die befragten Beschäftigten technische Bedingungen überwiegend als Lernanlass wahrnehmen. Die Möglichkeiten, mit neu eingeführten Technologien im Arbeitsprozess umzugehen, unterscheiden sich deutlich nach dem Qualifizierungsgrad der Beschäftigten, waren aber wiederum eng an die Logik der Arbeitsorganisation und die Organisation des Lernens in den Betrieben gekoppelt. Selbst wenn Beschäftigte Entwertungstendenzen des Erfahrungswissens bei neuen Technologien reflektierten, so sahen sie Hindernisse zum arbeitsbezogenen Lernen eher in der eng getakteten Produktion und dadurch im fehlenden kollegialen Austausch über die neuen Anwendungen. Hindernisse für arbeitsbezogenes Lernen liegen aus Sicht der Befragten vor allem in sozialen und organisatorischen Bedingungen der Arbeit. Weitere Hindernisse für arbeitsbezogenes Lernen nehmen Beschäftigte außerdem wahr, weil trotz partizipatorischer Ansätze aufgrund ihres Alters und der Vorbildung oft abweichende Technikaffinität und Techniknutzung von Vorgesetzten angenommen wird und daraus ungleiche Chancen für die Entwicklung des Erfahrungswissens entlang des Qualifikationsgrades und des Alters der Beschäftigten, aber auch entlang der Stellung im Betrieb entstehen.

Die vorliegenden Befunde geben außerdem Hinweise darauf, dass sich aktuell das Szenario eines „Growing Gap“ (Pfeiffer et al., S. 2016a) durchsetzen könnte, in welchem sich die Facharbeitsebene aufspaltet in hoch- und niedrigqualifizierte Arbeit (ebd., S. 83-86). Im Rahmen der Studie zeigte sich, dass es auch innerhalb der Tätigkeitszuschnitte von Fachkräften zu Verschiebungen kommt. Ein Teil der ausgebildeten Fachkräfte übernimmt zunehmend vereinfachte bzw. standardisierte Aufgaben, was zur Folge hat, dass sich Entscheidungs- und Handlungsspielräume bei diesen Fachkräften merklich verringern. Ein anderer Teil der ausgebildeten Fachkräfte übernimmt hingegen vermehrt hochqualifizierte Aufgaben, was eine erkennbare Erweiterung der Aufgabenzuschnitte zur Folge hat und arbeitsbezogene Lernhandlungen begünstigt. Es entsteht unter Fachkräften eine Gruppe mit mehr

Datenkompetenzen und einer aufgewerteten Arbeit und es entsteht eine Gruppe mit automatisierten Anweisungen zur Arbeitsorganisation, die Teile der Arbeit entwertet. Davon sind ältere Beschäftigte mit einer klassischen Ausbildung betroffen, die zunehmend von digitalen Organisationstechnologien gesteuert werden und die immer weniger Einfluss auf die Gestaltung der Arbeitsabläufe haben bzw. deren Arbeitsprozesse sich dadurch stärker standardisieren.

Die vorliegende Studie zeigt darüber hinaus, dass sich die Möglichkeiten für arbeitsbezogene Lernhandlungen außerdem erkennbar nach der Vorbildung der Beschäftigten unterscheiden. So erhalten bereits akademisch ausgebildete Fachkräfte oder solche, die sich im Kontext von Industrie 4.0 akademisch (weiter)qualifizieren, auch vermehrt Chancen zum arbeitsbezogenen Lernen. Sie führen Arbeitshandlungen an neuen Maschinen und Anlagen durch, die teilweise der Automatisierung in der direkten Produktion sowie in produktionsnahen Dienstleistungen dienen, was eine Erweiterung der Aufgabenzuschnitte, der Handlungsspielräume und die Entwicklung neuer Wissensbestände zur Folge hat. Die Arbeitsbedingungen ermöglichen zusätzlich die Aneignung und die Weiterentwicklung des Erfahrungswissens für das Arbeitshandeln. Zum anderen erweitert die Teilnahme an formellen Schulungen zusätzlich die Vorkenntnisse und das Erfahrungswissen, was zur Stabilisierung des Status als Expert*in oder Spezialist*in im Umgang mit neuen Technologien beiträgt. Ergänzend stabilisiert der kollegiale Austausch in digitalen Fachnetzwerken diesen Status, was wiederum zu einer weiteren Ausdehnung der Handlungsspielräume in Arbeitsprozessen führt. Diese Beschäftigungsgruppe erhält somit insgesamt mehr Chancen zum arbeitsbezogenen Lernen und zum Upskilling. Das beeinflusst die Lernbereitschaft in einem entscheidenden Maß und verhindert eine Verfestigung von Lernwiderständen.

Im Gegensatz dazu zeigt sich bei formal geringqualifizierten Beschäftigten eine besondere Dynamik. Diese Gruppe von Beschäftigten arbeitet vorwiegend manuell und im Arbeitsprozess kommen verstärkt technische Assistenzsysteme zum Einsatz. Zwar können damit aus Sicht der Beschäftigten auch Entlastungen in der Bewältigung der Arbeitsaufgaben einhergehen, aber die Systeme begünstigen eher repetitive und monotone Arbeitshandlungen, die subjektivierbare Anteile des Arbeitshandelns der Beschäftigten infrage stellen. Die eingeschriebene Arbeitsabfolge kann als eine Objektivierung des Erfahrungswissens interpretiert werden, die dazu beiträgt, dass die Tätigkeiten weniger Erfahrungswissen erfordern. Das hat Konsequenzen für arbeitsbezogene Lernhandlungen und die Lernbereitschaft. Bei dieser Beschäftigtengruppe sind trotz einer allgemein hohen Lernbereitschaft am Anfang der Einführung Schwankungen deutlich erkennbar, wenn weitere Bedingungen am Arbeitsplatz die Lernhandlungen zusätzlich einschränken. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn der Zugang zu *abteilungsübergreifenden Lernangeboten* erschwert ist. Dieser ungleiche Zugang zu Lernangeboten in Kombination mit der Wahrnehmung ungleicher Arbeits- und Lernhandlungen erzeugt Spannungsfelder zwischen Industriebeschäftigten und begünstigt im Verlauf der mehrjährigen Technologieprojekte ein widerständiges Lernen. So geraten nicht nur subjektivierbare Arbeitshandlungen unter Druck, sondern die Spielräume für arbeitsbezogenes Lernen verengen sich durch die organisationalen Bedingungen der Arbeit. Diese Tendenz widerspricht den Befunden aus der Subjektivierungsdebatte und verweist auch auf Grenzen der Subjektivierung durch die Fortschreibung bestehender Automatisierungs- und

Digitalisierungsbemühungen in Betrieben. Ein besonderes Risiko zum *Deskilling* war in den untersuchten Betrieben bei älteren und formal gering qualifizierten Beschäftigten erkennbar.

Im Kontext von Industrie 4.0 nimmt arbeitsintegriertes Lernen bei formal geringqualifizierten Beschäftigten außerdem weiter ab, weil die Arbeitsprozesse bei dieser Beschäftigtengruppe stärker standardisiert sind und weniger Lernhandlungen als zuvor erfordern. Stärker automatisierte und vor allem vernetzte Produktionsprozesse stellen in der Bewältigung komplexer Arbeits- und Problemsituationen zwar höhere Anforderungen, aber durch die arbeitsorganisatorischen Aufteilungen sind eher technisch ausgebildete Fachkräfteteams befähigt worden, diese Aufgaben zu übernehmen. Es sind andererseits auch gegenläufige Tendenzen erkennbar. Technologische Unterstützung etwa kann vorteilhaft für weniger erfahrene Arbeitskräfte oder zur Bewältigung komplexer IT-Systeme bzw. bei Maschinenstörungen sein. Erfahrene Beschäftigte lösen solche unvorhergesehenen Probleme innerhalb kurzer Zeit mit ihrem Erfahrungswissen. Nehmen die standardisierten Aufgabenzuschnitte jedoch zu und öffnen sich für Rationalisierung, gerät die Selbstbestimmung beim arbeitsbezogenen Lernen unter Druck.

Besonders im Verlauf der Studie verdeutlichte sich, dass dauerhafte Chancen für expansive Lernhandlungen vor allem mit den Möglichkeiten zum arbeitsbezogenen Lernen zusammenhängen. Die Entwicklung des Erfahrungswissens, das als essenzieller Bestandteil für das subjektivierende Arbeitshandeln angesehen wird (Böhle, 2015; Böhle et al., 2017; Pfeiffer, 2016a), spielt in den einzelnen Arbeitsprozessen der Beschäftigten eine recht unterschiedliche Rolle, aber gerät mit einigen technischen Anwendungen und der Arbeitsorganisation in fast allen Bereichen der Industriearbeit verstärkt unter Druck, weil neue Erfahrungen bei einigen Arbeitskräften durch unterschiedliche Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen trotz hoher Lernbereitschaft kaum zustande kommen. Diese Befunde decken sich weitestgehend mit anderen Studien, die im Kontext von Industrie 4.0 ebenfalls verkürzte Handlungen in Arbeitsprozessen und eine Abnahme subjektiver Anteile des Arbeitshandelns bei Beschäftigten beobachten (exemplarisch Decius 2020).

Die vorliegenden Befunde geben Hinweise darauf, dass trotz einer hohen Lernbereitschaft kaum ein arbeitsbezogenes Lernen für alle Beschäftigungsgruppen in gleicher Weise möglich ist. In den untersuchten Betrieben zeigt sich, dass trotz der vielen betrieblichen Bemühungen, alle Beschäftigten in die Veränderungsprozesse im Kontext von Industrie 4.0 einzubeziehen, vorwiegend junge und akademisch ausgebildete Fach- und Führungskräfte insgesamt mehr Möglichkeiten zum arbeitsbezogenen Lernen erhalten. Außerdem verdeutlichen die Befunde in den untersuchten Funktionsbereichen, dass sich die Handlungs- und Entscheidungsspielräume für gering qualifizierte und ältere Beschäftigten vorwiegend verengen oder verkürzen, während sie sich für Fach- und Führungskräfte erweitern. Das verschafft ihnen einen kaum einzuholenden Vorsprung in der Entwicklung ihres Erfahrungswissens. Auch betriebliche Qualifizierungsansätze, die den Anspruch haben, übergreifende Lernangebote für alle Beschäftigtensegmente bereitzustellen, kommen an die Grenze, wenn Beschäftigte aufgrund restriktiver Arbeitsprozesse nicht oder nur selten teilnehmen können. Auf diese Weise zeigt sich für die arbeitsbezogenen Lernhandlungen im Kontext von Industrie 4.0 die Bedeutung der Betriebe als

„Vermittlungsinstanz“ (Staab & Prediger, 2019), die zwischen den Qualifikationsunterschieden bei Beschäftigten moderierend bzw. ausgleichend einwirken können. Die untersuchten Betriebe verfolgen zwar ähnliche Konzepte für die Qualifizierung der Beschäftigten und stärker als zuvor wird die Mitbestimmung und die Einbindung der Beschäftigten in den Mittelpunkt gestellt. Eine konzeptionelle Integration des arbeitsbezogenen Lernens in die Qualifizierungspolitik der Betriebe und eine Anerkennung von neu erworbenen Kompetenzen, die im Arbeitsprozess entstanden sind, fehlt allerdings bisher überwiegend. Das wirkt sich über mehrere Jahre und verschiedene Technologieprojekte auf die Lernbereitschaft der Beschäftigten aus. Die ausgefeilten Kommunikationsstrategien in der Anfangsphase haben zwar eine hohe Lernbereitschaft begünstigt, aber reichen in einer Umsetzungsphase nicht mehr aus, um eintretende Lernwiderstände zu überwinden.

Mit den vorliegenden Befunden, die im Rahmen der Studie zum arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 entstanden sind, besteht Grund zur Annahme, dass sich die Versprechungen zur Aufwertung der Arbeit aus der Debatte nicht durchgängig für alle Beschäftigten erfüllen. Zumindest erhalten in den untersuchten Betrieben eher akademisch qualifizierte und spezialisierte Fach- und Führungskräfte Chancen für berufliche Aufstiege. Im Gegensatz dazu zeichnet sich bei denjenigen Beschäftigten eine Tendenz zum *Deskilling* ab, die über eine mittlere bis geringe formale Qualifizierung verfügen. Auf diese Weise kann eine Spaltung in den Betrieben entstehen zwischen Beschäftigten mit „nicht automatisierten einfachen Tätigkeiten bzw. abgewerteten Fachtätigkeiten einerseits und anspruchsvollen, qualifizierten Tätigkeiten andererseits“ (Hirsch-Kreinsen, 2015, S. 19). Die vorliegenden Befunde aus den untersuchten Industriebetrieben stützen daher die These der „polarisierten Organisation“ (ebd., S. 20) auch wenn in vereinzelten Bereichen betont wurde, dass neue Berufe entstehen, die zur Aufwertung der Arbeit bei bisher benachteiligten Beschäftigtengruppen beitragen.

5.4.2 Einbettung in die Debatte über *Lebenslanges Lernen*

Vor dem Hintergrund der Debatte über *Lebenslanges Lernen* lässt sich resümierend festhalten, dass sich im Kontext von Industrie 4.0 viele Lernanlässe zeigen und sich die Beschäftigten in den untersuchten Betrieben vorwiegend über arbeitsbezogenes Lernen qualifizieren. Seltener als zuvor finden Lernprozesse der Befragten in klassischen Bildungsinstitutionen statt; stattdessen sind arbeitsbezogene Lernhandlungen vorwiegend direkt am Arbeitsplatz erkennbar, die in betriebliche Kontextbedingungen eingebunden sind und der Logik der jeweiligen Arbeitsprozesse folgen.

Insbesondere in der Phase, in der viele neue Technologien eingeführt wurden, nahmen die Beschäftigten auch viele arbeitsbezogene Lernanlässe wahr. Dieses Lernen kann als ein kurzfristiges Anpassungslernen bezeichnet werden, bei dem nach einer bestimmten Zeitspanne Gewöhnungseffekte einsetzen. Im Zeitverlauf zeigte sich deutlich, dass beim Umgang mit der jeweiligen neuen Technologie nach einer bestimmten Zeit die Lernbereitschaft nachließ. Die kurzfristige Anpassung an die neuen technischen Gegebenheiten im Arbeitsprozess bleibt in den untersuchten Fällen überwiegend ohne eine fortdauernde Aufwertung der Arbeit. Darüber hinaus sind charakteristische Lernhandlungen während der Arbeit erkennbar, die wiederkehrend durch die Bewältigung der Aufgaben direkt im Arbeitsprozess

und vorwiegend am unmittelbaren Arbeitsplatz entstehen. Dazu zählen auch arbeitsbezogene Lernhandlungen in virtuellen Netzwerken mit kollegialem Austausch in Fachgruppen. Vor allem zeigte sich in der empirischen Beobachtung der arbeitsbezogenen Lernhandlungen, dass die Lernbereitschaft veränderlich im Zeitverlauf ist und dynamische Schwankungen oft durch die Arbeitsbedingungen determiniert sind. Das könnte ein Grund dafür sein, dass sich dieser Zusammenhang noch quantitativen Analysen entzieht.

Allein die arbeitsbezogenen Lernhandlungen der Industriebeschäftigten nur im Hinblick auf die neu eingeführte Technik zu betrachten, wäre allerdings eine Verkürzung. Die qualitative Untersuchung arbeitsbezogener Lernhandlungen bei Industriebeschäftigten zeigte charakteristische Verknüpfungen der Arbeits- und Lernhandlungen mit dem Arbeitsplatz als Lernort. Dieser vorliegende Befund deckt sich weitestgehend mit gegenwärtigen Diagnosen und Prognosen zu Bildung und Arbeit im Kontext der Digitalisierung (Dehnbostel 2021; Dobischat et al., 2019; Dobischat & Roß, 2004).

Die vorliegenden Befunde deuten darauf hin, dass zunehmende Anforderungen, die aus der Technikneueinführung in den Betrieben resultieren, aber nur zu expansiven Lernhandlungen führen können, wenn genügend Zeit- und Spielräume zum arbeitsbezogenen Lernen zur Verfügung stehen. Hierfür ist die Gestaltung der Arbeitsbedingungen ein zentraler Faktor. Unter bestimmten Bedingungen nehmen Beschäftigte ihre charakteristischen Lernhandlungen subjektiv als expansiv oder widerständig wahr. Die Analyse der subjektiven Gründe zeigte, dass die Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen überwiegend ursächlich für die Entwicklung der Lernbereitschaft angesehen werden. Faktoren wie die frühzeitige Information der Beschäftigten über die Veränderungen, die intensive Beteiligung und verstärkte Einbindung zu einem möglichst frühen Zeitpunkt erweisen sich aus Sicht von Beschäftigten als förderlich für arbeitsbezogene Lernhandlungen. Darüber hinaus sind aber wesentliche Faktoren die möglichst selbstbestimmte Beeinflussbarkeit der Arbeitsinhalte und eine Aussicht auf eine Erweiterung der Handlungsspielräume in der Gestaltung der Arbeitsaufgabe und der technisch-organisatorischen Arbeitsbedingungen. Wenn Beschäftigte über ihre Lernwiderstände reflektieren, dann sind weitere Faktoren relevant, wie etwa die Zuschreibungen von Vorgesetzten.

Die verstehende Analyse der subjektiven Gründe für Lernhandlungen verdeutlichte, dass Beschäftigte eine hohe Lernbereitschaft entwickeln, wenn sie annehmen, dass sich viele Handlungs- und Entscheidungsspielräume eröffnen. Die Gründe zum Lernen und die Entwicklung der Lernbereitschaft bleiben nicht nur an die *Innerlichkeit eines Individuums* gebunden, sondern entstehen in Bezug zu gesellschaftlichen Anforderungen. Mit anderen Worten: Subjektive Lernbegründungen können im zwar besten Fall mit dem gesellschaftlichen Anspruch des Imperativs zum *Lebenslangen Lernen* zusammenfallen, aber dies ist kein Selbstläufer.

Durch die umfangreiche Studie, die aus Sicht der Industriebeschäftigten arbeitsbezogene Lernhandlungen im Kontext von Industrie 4.0 aus einer Verlaufsperspektive analysiert, lassen sich zentrale Mechanismen rekonstruieren, die Polarisierungslinien auf der betrieblichen Ebene begünstigen.

Ein *zentraler Mechanismus* liegt in den Wechselbeziehungen zwischen den technisch-organisatorischen Arbeitsbedingungen der Beschäftigten und ihren subjektiven Lernhandlungen im Prozess der Arbeit. Die Technologiegestaltung zeigt instruktiv, dass offen gestaltete Systeme am ehesten expansive Lernhandlungen bei allen Industriebeschäftigten begünstigen. Im Gegensatz dazu verengen restriktiv gestaltete Technologien die Handlungs- und Entscheidungsspielräume der Industriebeschäftigten und begünstigen am ehesten ein widerständiges Lernen bei allen Beschäftigtengruppen. Viele der eingeführten Technologien, die an den Arbeitsplätzen der Beschäftigten zu beobachten sind, haben für den Arbeitsprozess der Industriebeschäftigten eher die Funktion von Arbeitsmitteln oder von Verständigungsmitteln. Diese technischen Gegebenheiten am Arbeitsplatz sind eng mit der funktionalen Arbeitsteilung in Betrieben verbunden. Somit prägen die Arbeitsaufgaben der jeweiligen Beschäftigtengruppen die arbeitsintegrierten Lernhandlungen: Auf diese Weise sind die Logiken der Technologien mit den Logiken der Arbeitsprozesse verknüpft und beeinflussen so, ob es zur Erweiterung oder zur Verengung bei arbeitsbezogenen Lernhandlungen von Beschäftigten kommt. In den Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernhandeln sehen Industriebeschäftigte wichtige Einflussfaktoren für die Entwicklung ihrer Lernbereitschaft.

Ein *weiterer Mechanismus* für die Entwicklung von Polarisierungslinien lässt sich durch die Wechselbeziehungen zwischen den subjektivierten Arbeitshandlungen der Beschäftigten und den sozialen Bedingungen zum Lernen im Betrieb identifizieren. Hervorzuheben sind die Zusammenhänge zwischen den Zuschreibungen bzw. Vorurteilen zur Technikaffinität und zur Lernbereitschaft und der Entwicklung der Lernbereitschaft bei Beschäftigten. Es ist ein Spannungsfeld auszumachen zwischen jüngeren Beschäftigten, denen eher eine hohe Technikaffinität und Lernbereitschaft zugeschrieben wird, und älteren bzw. erfahrenen Beschäftigten, die von Vorgesetzten und Kollegen besonders ungünstige Attributionen erhalten, wie etwa „lernungewohnt“, „technikungewohnt“ oder „mitbestimmungsungewohnt“ usw. Im Vergleich zeigte sich, dass diese Zuschreibungen die subjektive Lernbereitschaft im Verlauf der beruflichen Sozialisation negativ verstärken. Das hat zur Folge, dass sich ungünstige biografisch bedingte oder betrieblich bedingte Ausgangssituationen längerfristig zu noch nachteiligeren Situationen für Beschäftigte entwickeln und zur Verfestigung vorhandener Polarisierungstendenzen führen können. Wenn Zuschreibungen von außen über die Möglichkeit zu expansiven Lernhandlungen und über die Entwicklung der Lernbereitschaft mitentscheiden, haben diese Beschäftigten weniger Chancen zum Upskilling bzw. verstärkt es das Risiko zum *Deskilling*. Diese Erkenntnis ist besonders interessant, weil in Industriebetrieben ein gestiegener Altersdurchschnitt zu beobachten ist.

Im Rahmen der vorliegenden Studie hat sich gezeigt, dass Beschäftigtengruppen mit höherer Vorbildung, wie etwa akademisch ausgebildete Fachkräfte, tendenziell mehr Chancen zum Upskilling erhalten als andere Beschäftigtengruppen, weil Vorgesetzte noch unzureichend über die Attributionen wie Lernbereitschaft oder Technikaffinität der Beschäftigten reflektieren. Die befragten Industriebeschäftigten hatten unterschiedliche Voraussetzungen in ihrem beruflichen Sozialisationsprozess. Der oft biografisch bedingte Einstieg ins Berufsleben mit einer geringeren Qualifikation ließ sich in der Vergangenheit nicht immer ausgleichen und so hatten diese Beschäftigten

über Jahre weniger Chancen für eine Teilnahme an formaler Weiterbildung. Im Kontext von Industrie 4.0 wird im Rahmen der vorliegenden Studie aber vor allem deutlich, dass sie auch im Betrieb zu wenig förderliche Bedingungen für arbeitsbezogene Lernhandlungen vorfinden. Die innerbetriebliche Unterscheidung in lernwillige Beschäftigte mit Expertenstatus und nicht (mehr) lernfähige oder nicht (mehr) lernwillige Beschäftigte kann als eine argumentative Legitimation ungleich verteilter Chancen gedeutet werden, die außer Acht lässt, dass die soziotechnischen Bedingungen für das Lernhandeln nicht stimmig sind. Auf diese Weise perpetuieren sich soziale Ungleichheiten auf der betrieblichen Ebene.

Die vorliegenden Befunde betten sich damit auch in einen breiteren Forschungskontext und die Debatte über soziale Ungleichheit ein. Die Befunde stützen die These, dass die Chancen zur Qualifizierung im Kontext von Industrie 4.0 auch auf der betrieblichen Ebene ungleich verteilt sind. Bildungssoziologische Studien zeigen zwar seit Jahren wiederholt, dass die Teilnahme an formeller Weiterbildung ungleich verteilt ist. Diese Tendenz scheint sich auch beim arbeitsbezogenen Lernen außerhalb etablierter Bildungsinstitutionen fortzusetzen und auf der betrieblichen Ebene zu verfestigen.

Welche Chancen zur Qualifizierung beim arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 Industriebeschäftigte erhalten, war zu Beginn der Studie nur undeutlich erkennbar. Die vorliegenden Analysen zu arbeitsbezogenen Lernhandlungen weisen darauf hin, dass sich bisherige Tendenzen eher verfestigen, weil die Logik der Arbeitsbedingungen das Lernhandeln beeinflusst.

Die Chancen für ein Upskilling durch Qualifizierung sind dadurch aber in den Industriebetrieben ungleich verteilt. Das liegt zwar auch an der Teilnahme an herkömmlichen formellen Weiterbildungen oder Schulungen, aber überwiegend verhindern betriebliche Mechanismen expansives Lernen und damit verfestigen sich bestehenden Ungleichheiten auf der betrieblichen Ebene. An dieser Stelle kann ebenfalls mit der These der *Pfadabhängigkeit* argumentiert werden, denn im Kontext von Industrie 4.0 folgt nicht nur die Gestaltung der Technik oft vorherigen Pfaden, sondern die Arbeitsbedingungen begünstigen trotz alternativer Möglichkeiten wie zuvor Spaltungstendenzen. Eine Verfestigung der Ungleichheiten kann eintreten, wenn die Arbeitsbedingungen längerfristig zu wenig lernförderlich gestaltet sind und Beschäftigte dadurch trotz hoher Lernbereitschaft zu wenige Chancen erhalten, expansive Lernhandlungen zu entwickeln. Dieser Umstand wirkt sich im Verlauf der beruflichen Sozialisation auf die Lernbereitschaft der Beschäftigten aus. Mit anderen Worten: Auftretende Lernwiderstände selten eine subjektive Schwäche, sondern eine Reaktion der Subjekte auf mangelnde Lernförderlichkeit in der Arbeit.

Im Kontext von Industrie 4.0 zeigten sich trotz partizipatorischer Ansätze, dass die Chancen zur Qualifizierung ungleich verteilt sind. Für expansive Lernhandlungen fehlen Handlungsspielräume und Zeit für Lernhandlungen. Zusätzlich treten durch den zunehmenden Technikeinsatz weniger situative Aspekte auf, die für arbeitsbezogenes Lernen wichtig sind. In der Debatte über *Lebenslanges Lernen* wurde bisher deutlich, dass informell erworbene Kompetenzen auf dem Arbeitsmarkt teilweise nicht anerkannt sind. Im Hinblick auf die Befunde verdeutlicht sich aber ein weiteres Problem. Die Entwicklung berufsspezifischer Kompetenzen ist vor allem von arbeitsbezogenen Lernhandlungen abhängig, die oft mitten im Arbeitsprozess entstehen. Im Kontext von Industrie 4.0 zeigen sich jedoch aufgrund der Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernhandeln ungleiche Chancenverteilungen zwischen formal gering

qualifizierten Beschäftigten und Fachkräften. Das stellt den Anspruch auf eine gerechte Teilhabe am digitalen Wandel durch Bildung infrage und steht im Widerspruch zum gesellschaftlichen Imperativ des *Lebenslangen Lernens*. Soziologische Forschung sollte zukünftig weiterhin begleitend Chancen der Qualifizierung beobachten und arbeits- und bildungssoziologische Erkenntnisse zusammen denken.

5.4.3 Schlussfolgerungen

In der Studie gab es erste Hinweise darauf, dass im Kontext von Industrie 4.0 neue Arbeitsformen entstehen, aber auch die Tendenz zur Prekarisierung von Arbeitsverhältnissen mit sich bringen kann. Im Kern zeigten sich in der vorliegenden Studie Mechanismen auf der betrieblichen Ebene, die zu einer Verfestigung sozialer Ungleichheit beitragen. Die Befunde sind nicht als eine längerfristige Prognose zu verstehen, sondern als eine Standortbestimmung arbeitsbezogener Lernhandlungen, die im Kontext von Industrie 4.0 vordergründig sind. Zum einen befinden sich viele der technologischen Entwicklungen noch am Anfang. Für den Wandel der Arbeit ist die Digitalisierung zwar ein zentraler Treiber, aber dies allein erklärt nicht die ungleichen Qualifizierungschancen für die Beschäftigten im Kontext von Industrie 4.0. Die Anpassungen der Arbeitsorganisation sind ein ausschlaggebender Faktor dafür, ob sich interne Spaltungslinien vertiefen. Teilweise wird in den Betrieben viel getan, um dies zu verhindern. Die Erprobung partizipativer Ansätze mit abteilungsübergreifenden Lernangeboten oder die Erprobung von Mentoring-Programmen waren wichtige Schritte, die im komplexen Produktionsgeschehen mit der Logik der Arbeitsprozesse oft schwer in Übereinstimmung zu bringen sind. Außerdem ist erkennbar, dass die Dynamik der technologischen Entwicklungen oft schneller ist, als die Anpassung der Arbeitsorganisation und die Organisation der Lernprozesse.

In den untersuchten Betrieben zeigten sich während der gesamten Studiendauer immer wieder vielfältige Lernanlässe im Arbeitsprozess und insgesamt ein Anstieg arbeitsbezogener Lernhandlungen. Die differenzierte Analyse zeigte allerdings im Kontext von Industrie 4.0 eine ungleiche Verteilung der Chancen zum arbeitsbezogenen Lernen bei Industriebeschäftigten. Bereits in der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass Beschäftigte nicht den gleichen Zugang zur Weiterbildung haben und der gestiegene Altersdurchschnitt zu weiteren Problemen führt. Beschäftigtengruppen mit höherer Vorbildung erhalten tendenziell öfter Chancen zum *Upskilling*. Andere Beschäftigtengruppen wie geringqualifizierte oder ältere Beschäftigte sind eher einem Risiko zum *Deskilling* ausgesetzt. Technische Bedingungen im Arbeitsprozess begünstigen diese Tendenzen, denn nicht alle Beschäftigten haben gleich zu Beginn der Einführung neuer Technologien die Möglichkeit, an neuen Maschinen und Anlagen zu arbeiten. Beschäftigte mit Tätigkeitszuschnitten, die wenig formale Qualifikationen erfordern, waren auch vor 4.0 schon benachteiligt, wenn es um formale Weiterbildungen ging. Dies scheint sich beim arbeitsbezogenen Lernen trotz vieler Bemühungen fortzusetzen. Während ein kleiner Teil der Beschäftigten in neu gegründeten Kompetenzteams die neu eingeführte Technologie gestaltet und entwickelt, kann ein anderer Teil der Beschäftigten nicht bei der Entwicklung mitbestimmen oder wird teilweise von Lernprozessen ausgegrenzt.

Die Gruppe der formal gering qualifizierten Beschäftigten nimmt selten an formalen Weiterbildungen oder nur in wenigen Ausnahmefällen an externen Schulungen teil, wie die eingangs skizzierten Weiterbildungsstatistiken gezeigt haben. Die Dokumentenanalyse zeigte, dass in den Angeboten externer Weiterbildungsdienstleister formal gering qualifizierte Beschäftigte als definierte Zielgruppe schlicht nicht vorhanden sind. In den untersuchten Betrieben wurde deutlich, dass auch institutionelle Einrichtungen zur Aus- und Weiterbildung selten von formal gering qualifizierten Beschäftigten besucht werden, obwohl aus den Veränderungen im Kontext mit Industrie 4.0 ein Schulungsbedarf resultiert. Daher sind die Lernerträge dieser Gruppe kaum quantitativ messbar. Aber auch arbeitsplatznahes Lernhandeln war bei dieser Beschäftigtengruppe nicht durchgängig feststellbar. Ähnlich selten wie an der formalen Weiterbildung nimmt diese Beschäftigtengruppe an betrieblichen Lernangeboten teil, wie etwa an arbeitsplatznahen Schulungen usw. Somit haben sie selten die Chance, sich an Qualitätszirkeln zu beteiligen, sich in Lernlaboren, in der Lernwerkstatt oder in Lernfabriken auszuprobieren oder sich über neue Entwicklungen zu informieren. Nur selten erhalten formal gering qualifizierte Beschäftigte in einigen Betrieben die Gelegenheit, an betriebsinternen Kursen, Seminaren, Workshops o. ä. teilzunehmen, die abteilungsübergreifend konzipiert sind. Obwohl der Lernbedarf im Kontext von Industrie 4.0 von Führungskräften auch erkannt wurde, fehlen oft speziell entwickelte Qualifikationsangebote für diese Beschäftigtengruppe in den untersuchten Betrieben.

Die Einführungsdynamiken der Technologien und die Restrukturierungsdynamiken in der Arbeitsorganisation sind andere als bei der Entwicklung der betrieblichen Lernangebote. Hierbei stimmt oft das Passungsverhältnis zwischen den betrieblichen Lernangeboten und dem Lernbedarf der Beschäftigten nicht überein. Dabei spielen ökonomische Sachzwänge im Zusammenhang mit technischen, organisatorischen und sozialen Faktoren eine determinierende Rolle. Dieser Zusammenhang beeinflusst das arbeitsbezogene Lernen bei Industriebeschäftigten erheblich.

Mit Blick auf die veränderten Anforderungen an die Beschäftigten ist zwar einerseits ein Anstieg der Anforderungen in Bezug auf die Arbeitsaufgabe zu verzeichnen. Andererseits weisen die vorliegenden Befunde darauf hin, dass Standardisierungen und Vereinfachungen der Arbeitsaufgaben v. a. das Risiko einer Entwertung von Erfahrungswissen in sich tragen und sich die Anlernzeiten mit bestimmten Technologien verkürzen, was sich auf die Beschäftigtenstruktur auswirken kann, wenn vermehrt und leichter Leihkräfte zum Einsatz kommen. Der Einsatz von Leihkräften kann zwar auch als Chance für formal gering qualifizierte Beschäftigte gedeutet werden, wenn sie einen Einstieg in die Betriebe suchen. Für die Stammbeschaft bedeutet es jedoch eine schleichende Absenkung der Anforderungsniveaus und des Lohnniveaus. Das immanente Risiko wird in Diskussionen der Interessensvertretungen vermehrt aufgegriffen, was sich teilweise positiv auf die Einbindung der Beschäftigten die partizipatorischen Ansätze beim arbeitsbezogenen Lernen im Betrieb auswirkt.

Die vorliegende Studie zeigt, dass die Bedingungen auf der betrieblichen Ebene arbeitsbezogene Lernhandlungen bei Beschäftigten beeinflussen. Ungelöste Spannungsfelder auf der betrieblichen Ebene verhindern, dass alle Beschäftigtengruppen von den reichhaltigen Möglichkeiten der Industrie 4.0-Ansätze profitieren können. Die Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen sind aus Sicht der

Beschäftigten die größten Hindernisse, sich mit Digitalisierung auseinanderzusetzen. Eine unzureichende Regulierung von arbeitsbezogenen Lernformen und insbesondere des Lernens im Prozess der Arbeit verstärkt diesen Effekt (Menz & Nies 2018)

Die vorliegende Studie gibt Hinweise darauf, dass arbeitsbezogenes Lernen eine wichtige Voraussetzung im technischen Wandel ist und hat zentrale Mechanismen für die Entwicklungen der Industriearbeit im Kontext von Industrie 4.0 aufgezeigt. Die inkrementelle Einführung neuer Technologien hat Konsequenzen für die Arbeit der Beschäftigten. In den untersuchten Betrieben ist mehr eine Stabilisierung bestehender Arbeitsstrukturen erkennbar, die den moderaten Wandel in der Arbeitswelt erklärt. Dennoch besteht weiterhin das Risiko einer Dequalifizierung. Die Qualifizierung gilt dabei als ein Kompensierungsversuch zur Aufwertung der Arbeit, was aber Grenzen hat.

Im Hinblick auf das arbeitsbezogene Lernen verstärken sich bekannte Problemlagen in Industriebetrieben gegenseitig. Aus diesem Grund müsste weiterführend beobachtet werden, inwieweit sich aus den derzeitigen Entwicklungen neue Effekte auf das Entgelt oder die Beschäftigungssicherheit bei Industriebeschäftigten ergeben. Die vorliegenden Ergebnisse lassen deshalb kein abschließendes Urteil zu, sondern bilden den Erkenntnisstand im Untersuchungszeitraum ab. Oft fehlt eine konzeptionelle Integration des arbeitsbezogenen Lernens in die Qualifizierungspolitik der Betriebe, die sich eben nicht ausschließlich mit dem Problem der Finanzierung von Weiterbildungen befasst und auch die Anerkennung von informell erworbenen Kompetenzen einschließt. Daraus resultiert eine Art gläserne Decke, die beim arbeitsbezogenen Lernen vielleicht ausreichend individuelle Anpassungsleistungen ermöglicht, aber nicht unbedingt zu einem General Upgrade führt.

Die vorliegende Studie hat empirisch gezeigt, dass im Kontext von Industrie 4.0 ein hoher Anpassungsdruck vorhanden ist und arbeitsbezogene Lernformen nicht nur aus einer rein funktionalistischen Sicht zu betrachten sind. Mit arbeitsbezogenem Lernen sind viele Hoffnungen verbunden. Von der Möglichkeit, direkt am Arbeitsplatz oder in der Nähe der Arbeitsplätze zu lernen, könnten auch viele Industriebeschäftigte profitieren. In den arbeitsbezogenen Lernformen liegen Chancen für den Berufseinstieg für sozial benachteiligte Jugendliche oder junge Erwachsene mit schlechten Schulerfahrungen. Aber auch für ältere Beschäftigte könnten diese Lernformen vorteilhaft sein. Beschäftigte, die Hemmungen oder sogenannte Lernresistenzen aufgrund von zu wenigen oder schlechten Erfahrungen in der formalen Weiterbildung entwickelt haben, könnten auf diese Weise in ihren Lernprozessen unterstützt werden. Allerdings erfordert dies ein Überdenken der strukturellen Lern- und Arbeitsbedingungen, denn diese determinieren die Handlungs- und Entscheidungsspielräume der Beschäftigten.

Im Hinblick auf die Verteilung der Qualifizierungschancen zeigt sich, zu wessen Lasten die Entwicklungen gehen können. Die zentrale Erkenntnis dieser Studie liegt darin, dass im Kontext von Industrie 4.0 weiterhin die Chancen zur Qualifizierung auf der betrieblichen Ebene ungleich verteilt sind. Die Betriebe unternehmen viel, um dies zu kompensieren, dennoch liegen besonders in den strukturellen Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen die größten Hürden und nicht, wie oft

angenommen, in der individuellen Lernbereitschaft der Beschäftigten. Aus Sicht der Beschäftigten kommt es im Kontext von Industrie 4.0 auf die lernförderliche Gestaltung der Lernbedingungen an.

Die Befunde leisten einen empirischen Beitrag zu Diagnosen und Prognosen, die in der gegenwärtigen arbeitssoziologischen Forschungsdiskussion zum Verhältnis von Technik, Arbeit und Qualifikation aufgeworfen wurden. Mit den empirischen Befunden wurde nicht nur eine wichtige empirische Forschungslücke geschlossen, sondern es wurden auch wichtige Handlungsfelder für den Gestaltungsprozess identifiziert. Die Grenzen der Digitalisierung liegen zwar auch teilweise in der Technikentwicklung, aber genauso in der Gestaltung der Arbeits- und Lernbedingungen und somit auf der sozialen Ebene. Mit Blick auf die betriebliche Ebene eröffnen sich im Kontext von Industrie 4.0 Schnittflächen zwischen den soziotechnischen Teilbereichen für die Gestaltung der zukünftigen und lernförderlichen Arbeit als ein „soziotechnisches Gestaltungsprojekt“ (Hirsch-Kreinsen 2016b, S. 10ff.; Ittermann u. a. 2016, S. 26f.).

Expansives Lernen auf der individuellen Ebene hat nicht ausschließlich Konsequenzen für das Individuum oder die Entwicklungen auf der betrieblichen Ebene. Arbeitsbezogenes Lernen ist auch an gesellschaftliche Verhältnisse gebunden, wobei es um eine Aushandlung individueller Lernbedürfnisse im Zusammenhang mit der gesellschaftlichen Umwelt geht. Resümiert man die Ergebnisse der vorliegenden Studie, so zeigt sich eine Polarisierung auf der betrieblichen Ebene auch in einer Polarisierung der Beschäftigungsstrukturen auf dem Arbeitsmarkt im Sinne einer aufgespaltenen Sozialstruktur mit einer erodierten Mitte (OECD, 2017). Auf diese Weise zeigt sich eine Verfestigung bestehender Tendenzen.

Auf einem Arbeitsmarkt, auf dem zunehmend höhere Qualifikationen und manuelle Tätigkeiten weniger nachgefragt sind, spaltet dies langfristig den Arbeitsmarkt auf in hochqualifizierte und niedrig qualifizierte Arbeit. Das erhöht das Risiko der „open ended and various atypical forms of employment“ (OECD, 2017). Aus den Ungleichgewichten arbeitsbezogener Lernhandlungen auf der betrieblichen Ebene können zahlreiche soziale Folgeprobleme entstehen. Neben den Chancen zur persönlichen Weiterentwicklung sind die Entwicklungen mit größeren gesellschaftlichen Zusammenhängen wie Einkommensungleichheit und verfestigter Bildungsungleichheit in Familien verbunden. Mit Blick auf die Mechanismen, die Ungleichheit verfestigen, könnten Interventionsstrategien ein Ansatz sein. Ein Ansatz sind die Handlungsfelder, die im jüngsten „Education Policy Outlook (OECD, 2022) identifiziert wurden und die darauf ausgelegt sind, die Lernbereitschaft zu unterstützen. Außerdem sind Ansätze im Konzept *Gute Arbeit* mit der Digitalisierung verankert, die der Gestaltung einer lernförderlichen Arbeit dienen können und im Folgenden ausgeführt sind.

6 ABSCHLIEßEND ZUR GESTALTUNG LERNFÖRDERLICHER ARBEIT

Die empirischen Befunde der Studie zum arbeitsbezogenen Lernen verdeutlichen, dass im Kontext von Industrie 4.0 ein Risiko zur Verfestigung ungleicher Chancen auf betrieblicher Ebene besteht. Vor diesem Hintergrund erfolgt in diesem Kapitel eine Anbindung an das arbeitspolitische Konzept *Gute Arbeit*. Begrifflich sind in diesem Konzept vielschichtige Idealvorstellungen zur Gestaltung von Arbeit verankert, die auch im DGB-Index enthalten sind (Fuchs, 2010; Holler et al., 2014; Schmucker, 2020).

Der DGB-Index beinhaltet vier zentrale Kategorien bezogen auf: (1) das Einkommen, das den Kompetenzen der Beschäftigten entsprechen soll, (2) Beschäftigungssicherheit und Kündigungsschutz gerade im Hinblick auf die Zurückdrängung von Leiharbeit oder im Hinblick auf die Befristungen in Werkverträgen, (3) menschengerechte Arbeitsbedingungen und eine Begrenzung der Arbeitsbelastungen sowie eine Vereinbarkeit von Familie und Beruf und (4) Aufstiegschancen und Möglichkeiten zur Weiterbildung. Die vorliegenden Befunde tragen dazu bei, gestaltungsorientierte Impulse und Interventionsmöglichkeiten abzuleiten, um einer Reproduktion sozialer Ungleichheiten entgegenzuwirken.

6.1 Orientierungsrahmen für die Gestaltung der Arbeit

Das Konzept *Gute Arbeit* bietet einen Orientierungsrahmen für die humanzentrierte Gestaltung von Arbeit (L. Schröder & Urban, 2016; Urban, 2015; Urban & Gerst, 2015). Auf diese Weise können die vorliegenden Befunde strukturiert als arbeitspolitische Ansätze vorgetragen werden. Der Begriff *Gute Arbeit* ist im Rahmen der IG-Metall-Tarifverhandlungen zu Beginn der 1990er Jahre entstanden, als es um die umfangreichen Restrukturierungen in der deutschen Wirtschaft ging. Er beinhaltet eine Idealvorstellung von moderner Arbeit und nimmt die Gestaltung von Arbeitsbedingungen in den Blick. Inhaltlich knüpft das Konzept direkt an frühere Erkenntnisse aus der Debatte zur Humanisierung der Arbeitswelt in den 1970er und 1980er Jahren an. Seit Anfang der 2000er Jahre wurde der Begriff *Gute Arbeit* zu einem Leitbild für die gewerkschaftspolitische Arbeit erklärt und zur zentralen Querschnittsaufgabe, die über Branchengrenzen hinausgeht. Seit dem DGB-Bundeskongress im Jahr 2006 existiert eine gemeinsame Leitlinie aller deutschen Gewerkschaften (VERDI, 2015).

Am Konzept *Gute Arbeit* orientieren sich inzwischen nicht mehr nur gewerkschaftliche Akteure. So diskutiert der Sozialverband Deutschland (SOVD) im Rahmen einer „*Gemeinschaftsstrategie zur Gesundheit und Sicherheit bei der Arbeit*“ vor dem Hintergrund, der sich ankündigenden Veränderungen am Arbeitsmarkt vermehrt über das Konzept *Gute Arbeit* und stellt Forderungen zur gerechten Arbeitsmarktgestaltung auf. Auch in parteipolitischen Kontexten gewinnt das Konzept *Gute Arbeit* zunehmend an Bedeutung mit dem Ziel, wirtschaftliche Interessen der Unternehmen und soziale Interessen der Beschäftigten in Übereinstimmung zu bringen. Zum Beispiel hat die SPD im Jahr 2007 den Gestaltungsanspruch *Gute Arbeit* mit ins parteiliche Grundsatzprogramm aufgenommen. Im europäischen und internationalen Kontext setzt sich das Konzept ebenfalls durch und leistet einen

Beitrag zum Monitoring der Arbeit in der EU (Tangian, 2005). Im wissenschaftlichen Kontext wurden im Rahmen der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA) Kriterien für ein Messinstrument entwickelt (Fuchs, 2010; Holler et al., 2014; Zech, 2019). Der DGB-Index *Gute Arbeit* ermöglicht eine wissenschaftliche Analyse der Arbeitsbedingungen nach verschiedenen Gesichtspunkten. Seit 2006 werden mit dem Index regelmäßig Befragungen durchgeführt (Schmucker & Wagner, 2015). Die Messungen im Index stützen sich auf die Sicht der Beschäftigten und dienen der Weiterentwicklung betrieblicher und gewerkschaftspolitischer Gestaltungsansätze. Für die vorliegenden Befunde der Studie zum arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 werden die vier Säulen des Messinstrumentes genutzt, um die Reflexionen zu den jeweiligen Messbereichen anzuregen und Gestaltungshinweise zu adressieren, denn die vorliegenden Befunde haben eine hohe sozialpolitische Relevanz.

6.1.1 Ungelöste Spannungsfelder auf betrieblicher Ebene

Auf der betrieblichen Ebene gibt es einige ungelöste Spannungsfelder, die beim arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 längerfristig in Übereinstimmung zu bringen sind und deshalb kontinuierlicher Interventionen bedürfen. Die empirischen Befunde aus der Studie deuten darauf hin, dass es bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen aufgrund der dynamischen Entwicklungen in Betrieben zu einigen Herausforderungen in der Arbeitsgestaltung auf der betrieblichen Ebene kommen kann. Ein Faktor ist die Bereitschaft der Betriebe, überhaupt in neue Technologien zu investieren. Ein weiterer Faktor ist die Geschwindigkeit, mit der die neuen Technologien entwickelt und eingeführt werden. Beide Faktoren stellen neue Anforderungen an die Anpassung der Arbeitsorganisation. Diese Entwicklungen wirken sich unmittelbar auf die Effekte beim arbeitsbezogenen Lernen auf Seiten der Beschäftigten aus.

6.1.1.1 Lernförderliche Technikgestaltung

Ein zentrales Spannungsfeld liegt in der Technikgestaltung. Die Technikgestaltung folgt nicht immer lernförderlichen Kriterien. Während der Entwicklung oder während der Einführung neuer Technologien ist die Sicht der Techniknutzer*innen (noch) zu wenig einbezogen. Bei Technikanwendungen, die von Geringqualifizierten genutzt werden, fehlen überwiegend Ansätze zur selbstbestimmten Nutzung. Es fehlen Elemente in der Technik, die es den Beschäftigten erlauben, selbst ihren Nutzungsbedarf zu bestimmen und nicht nur einem vorstrukturierten Handlungsablauf zu folgen. Wünschenswert wäre eine Technikgestaltung, die sich an das Erfahrungsniveau und das Sicherheitsbedürfnis der Beschäftigten anpassen lässt oder bei Bedarf abschaltbar ist. Digitalisierte Arbeitsumgebungen, die das Wissen und die Erfahrungen der Beschäftigten objektivieren, erfordern weiterhin neue Tätigkeitszuschnitte. Die Zunahme an Organisationstechnologien, die dem Zweck dienen, die Komplexität und die Geschwindigkeit in den Betrieben zu bewältigen, erfordern Anpassungen der Tätigkeitszuschnitte. Hinsichtlich der Mitbestimmung gibt es in einigen Betrieben Diskussionsformate, in denen bisher unterschätzte Beschäftigtengruppen zu Wort kommen können. Sie bieten nur eine von vielen Möglichkeiten, die Technikanpassungen mit den Bedürfnissen der Nutzer*innen in Übereinstimmung

zu bringen. Die lernförderliche und bedürfnisorientierte Gestaltung der Anwendungen ist besonders für manuelle Arbeit wünschenswert. Beschäftigte arbeiten oft mit funktionspezifischen Technologien und die Bedienung wird in Betrieben überwiegend als ausreichend angesehen. Ergänzende Schulungen, die auf die Zusammenhänge von Prozessen eingehen, könnten die Handlungs- und Entscheidungsspielräume von Beschäftigten erweitern. Eine lernförderliche Technikgestaltung, die sich an den Bedürfnissen der Beschäftigten orientiert, wäre aber für alle Beschäftigtengruppen wünschenswert. In Zukunft möchten die Beschäftigten nicht das Gefühl haben, dass sie die Restfunktionen erledigen oder Automatisierungslücken ausfüllen. Akademische Fachkräfte wie Technikentwickler*innen sollten während des Studiums mehr Kontakt mit Anwender*innen der Technik in der betrieblichen Praxis haben, um eine lernförderliche Technikgestaltung auch umsetzen zu können. Nicht alle Konfliktlinien können unmittelbar auf die eingeführten Technologien zurückgeführt werden.

6.1.1.2 Lernförderliche Arbeitsorganisationsgestaltung

Auf der betrieblichen Ebene liegt ein weiteres Spannungsfeld in der Gestaltung der Arbeitsorganisation. Mit der Einführung neuer Technologien erfolgt meist unmittelbar eine Anpassung der Arbeitsorganisation. Die Arbeitsorganisation ist oft nicht lernförderlich gestaltet. Zu restriktiv gestaltete Arbeitsprozesse und eine zu enge Arbeitsteilung eröffnen kaum neue Handlungsspielräume für die Beschäftigten, so dass sie selbstbestimmt kaum neue Kompetenzen entwickeln können. Eine Ausweitung im Aufgabenzuschnitt oder im Tätigkeitsfeld könnte dieses Defizit ausgleichen. Bei digitalen Technologien, die das Arbeitswissen entwerten, weil es technisch gespeichert wird, sind insbesondere arbeitsorganisatorische Bedingungen erforderlich, die lernförderlich gestaltet sind. Besonders im Arbeitsbereich der geringqualifizierten Beschäftigten müssten die Tätigkeitsprofile angereichert, aufgewertet und entsprechend entlohnt werden. Weiterhin könnten Zyklen in der Produktionstaktung zu einer lernförderlichen Auflockerung führen, was selbstbestimmtes Lernen ermöglichen und dazu führen würde, dass die oft vielfältigen Lernangebote in den Betrieben von den Beschäftigten besser genutzt werden könnten. Weniger taktgebundene Arbeit erfordert von Beschäftigten eine zunehmende Flexibilisierung und reflexive Kompetenzen zur Selbstorganisation. Unter Umständen spielte dieser Aspekt im Verlauf der Erwerbsbiografie bisher eine untergeordnete Rolle und Beschäftigte müssten dies nun erst erlernen. Es kommt dann darauf an, die Arbeit so zu organisieren, dass die neu gewonnenen Handlungsspielräume nicht von diffusen Anforderungen überlagert werden und nichtintendierte Einschränkungen an anderer Stelle erzeugen. Zuletzt sei ein wichtiger Aspekt gerade für Fachkräfte benannt, denn hier zeichnet sich ab, dass die neue Dimension von Organisationstechnologien die selbstbestimmte Organisation der Arbeit vieler Beschäftigter deutlich einschränkt. Die Gestaltung einer lernförderlichen Arbeitsorganisation ist für alle Beschäftigtengruppen in einer unterschiedlichen Weise relevant. Die Gemeinsamkeit besteht darin, dass gute Vorbilder und ausreichende Zeitfenster zum arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 fehlen. Allein von formellen Weiterbildungsangeboten auszugehen, entspricht nicht der betrieblichen Realität im Umsetzungsprozess von Industrie 4.0. In Bezug auf arbeitsbezogenes Lernen zeigt sich mit Blick auf die Arbeitsbedingungen der Industriebeschäftigten, dass Lernen aufgrund von Produktionslogiken nicht immer ermöglicht

werden kann und die Chancen zum Upskilling stark von den Arbeitsbedingungen abhängen. Gerade beim arbeitsbezogenen Lernen kommt es deshalb auf die lernförderliche Gestaltung der Arbeitsbedingungen an.

6.1.1.3 Lernförderliche Arbeitsgestaltung

Ein zentrales Spannungsfeld bei arbeitsbezogenem Lernen im Kontext von Industrie 4.0 besteht im Hinblick auf die individuelle Lernbereitschaft bei Beschäftigten und die lernförderliche Technik- und Arbeitsgestaltung. Für eine schwankende Lernbereitschaft ist eine Reihe von Gründen verantwortlich, die vor allem auf die Möglichkeiten zum arbeitsbezogenen Lernen im Arbeitsalltag zurückzuführen sind. Beschäftigte machen zum Beispiel die Erfahrung, dass ihnen von Dritten Attribute wie „lernunwillig“ oder „lernungewohnt“, aber auch weniger „technikaffin“ zugeschrieben werden, wenn sie an Arbeitsplätzen mit geringeren Anforderungen arbeiten. Das entspricht nicht zwangsläufig der Wirklichkeit, aber es verhindert die Entwicklung der Lernbereitschaft von bestimmten Beschäftigtengruppen. Sie zeigen ihre Lernbereitschaft dann nicht mehr offen oder fordern Lernangebote ein. In der Folge sind sie von Ausgrenzungen bei neuen Entwicklungen in Betrieben betroffen. Diese Ausgrenzungen erfahren insbesondere Beschäftigte aufgrund einer geringeren Vorbildung, weil eine persönliche Entwicklung von außen oft nicht (mehr) für möglich erachtet wird.

Bei der Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 ist die Lernbereitschaft gerade am Anfang besonders hoch und es überwiegen positive Einstellungen gegenüber der Technik bei allen Beschäftigtengruppen. Bei bereits marginalisierten Beschäftigtengruppen verhindern aber die Arbeitsbedingungen oft, dass sie übergreifende Lernangebote nutzen können. Die oft schon eingeschränkten Möglichkeiten zur Aneignung und Weiterentwicklung neuer Wissensbestände durch zu wenige formale Schulungen finden sich auch beim arbeitsbezogenen Lernen in Betrieben wieder. Dieser Umstand wirkt sich auf die Lernbereitschaft aus und im Verlauf zeigt sich, dass dauerhaft restriktive Arbeitsbedingungen zu einer Abnahme der Lernbereitschaft bei Beschäftigten führen können.

In der Analyse der Arbeitsbedingungen nach lernförderlichen Kriterien zeigte sich, dass es bei Beschäftigten zu einem erhöhten Anpassungsdruck kommt und sich bei unzureichenden lernförderlichen Arbeitsbedingungen Lernwiderstände herausbilden oder bestehende Lernwiderstände vergrößern. Das findet nicht nur in Beschäftigtengruppen mit weniger formaler Vorbildung statt oder bei älteren Beschäftigten, wie landläufig oft angenommen wird, sondern genauso bei Fach- und Führungskräften, nur haben diese die Chance aufgrund der größeren Handlungsspielräume im Arbeitsprozess anders damit umzugehen.

Eine fehlende oder zu langwierige Gestaltung lernförderlicher Arbeitsbedingungen kann zu weiteren Lernwiderständen führen, insbesondere wenn Beschäftigte trotz übergreifender Konzepte zum arbeitsbezogenen Lernen subjektiv keine lernförderlichen Ansätze für ihre eigene Entwicklung darin erkennen. In der untersuchten Metall- und Elektroindustrie arbeiten die Beschäftigten über längere Zeiträume in ihrem Tätigkeitsfeld. Die Beschäftigten erleben im Verlauf ihres Berufslebens einige

Wandlungsprozesse, die sie zu bewältigen haben. Die individuelle Lernbereitschaft bei Beschäftigten kann bei Erfahrenen dauerhaft sinken, wenn mit den Veränderungen keine handlungserweiternden Effekte eintreten. Ein Problem besteht aus Sicht von Beschäftigten zudem darin, dass die im Arbeitsprozess erworbenen Kompetenzen oft nicht anerkannt werden und dies einen Wechsel in andere Unternehmensbereiche erschwert. Diese Tendenz kann bei Beschäftigten mit einer engen Betriebszugehörigkeit beobachtet werden.

Fehlende beschäftigungsorientierte Ansätze zur Kompetenzentwicklung wirken sich darüber hinaus ungünstig auf die Lernbereitschaft von Beschäftigten aus. Allein eine Qualifizierung anzubieten, reicht oft nicht für die Stimulation der Lernbereitschaft aus. Fehlende Mindeststandards beim arbeitsbezogenen Lernen und eine unzureichende Einbindung der Beschäftigten begünstigen außerdem individuelle Lernwiderstände. Was die Lernbereitschaft hingegen anregt, ist eine Aussicht auf entlastende und handlungserweiternde Arbeitsprozesse oder die Aussicht auf einen individuellen Aufstieg.

Vor allem geringqualifizierte Beschäftigte sind neben herkömmlichen Ansätzen zur formalen Aus- und Weiterbildung in einem besonderen Maße auf gute Arbeitsbedingungen angewiesen. Sie nehmen nicht nur seltener an formaler Aus- und Weiterbildung teil, sondern sie lernen fast ausschließlich im Prozess der Arbeit. Eine lernförderliche Arbeit ist daher ausschlaggebend für individuelle Lernerfolge. Allerdings sollten sie weniger durch Andere bestimmt werden, um neuen Lernwiderständen vorzubeugen. Zweckrationale Verengungen des arbeitsbezogenen Lernens, die von Rationalisierung bestimmt sind, tragen nicht zu lernförderlichen Zuständen in Betrieben bei. Eine partizipative Lernkultur hingegen, die eine Arbeitsgestaltung vom Subjekt ausgehend denkt, kann zukünftig individuelle Lernwiderstände abbauen. Das bedeutet nicht, dass sich individuelle Lernwiderstände in Gänze auflösen.

Im dynamischen Umsetzungsprozess bestehen unzählige weitere Abhängigkeiten, die über die betriebliche Ebene hinausgehen, die aber nicht Gegenstand dieser Dissertation sind. In allen Expertendiskussionen wurden diese nur angedeutet. Zum Beispiel gehören die Entwicklungen auf den Beschaffungs- und Absatzmärkten sowie die Entwicklungen auf den Arbeitsmärkten dazu. Diese werden jeweils von unterschiedlichen Interessen und eigenen Logiken bestimmt. Hier könnten weitere Vertiefungsstudien anschließen. (Forschungsbedarf)

6.1.2 Ungelöste Spannungsfelder auf politischer Ebene

Die Zukunft der Industriearbeit hat gegenwärtig eine herausfordernde Dynamik für die befragten Beschäftigten. Die Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen findet zwar auf der betrieblichen Ebene statt, aber wie in der Diskussion über das Konzept des *Lebenslangen Lernens* deutlich wurde (Verweis), hat auch arbeitsbezogenes Lernen eine gesellschaftliche Dimension. Der Umsetzungsprozess von Industrie 4.0 erfordert einen langfristigen arbeitspolitischen Aushandlungsprozess, der sich kontinuierlich an die neuen Technikentwicklungen anpasst.

Die Befunde der vorliegenden Studie zum arbeitsbezogenen Lernen zeigen, dass die Chancen zur Weiterentwicklung bei den Industriebeschäftigten weiterhin ungleich verteilt sind. Die Beschäftigten erhalten jeweils in einem anderen Maß die Möglichkeiten arbeitsintegriert zu lernen. Nicht alle Beschäftigten erhalten durchgängig die Möglichkeiten zum Upskilling. Die Gründe dafür sind vielschichtig. In den untersuchten Betrieben bestimmen Faktoren wie die Vorbildung und das Alter noch immer darüber, ob Beschäftigte weiterqualifiziert werden oder nicht. Aufgrund von mangelnden Partizipationsansätzen kommt es dazu, dass Vorgesetzte teilweise zu Fehleinschätzungen gelangen, wenn es um die individuelle Lernbereitschaft geht. Daraus resultieren meist unpassende Förder- und Interventionsansätze, die Lernwiderstände erzeugen oder sogar verstärken können.

Durch unterschiedliche lernförderliche Arbeitsbedingungen sind einige Beschäftigtengruppen im Nachteil, was zu weniger Teilhabe am Prozess der Digitalisierung führt. Das reproduziert ungleiche Chancen zur Qualifizierung auf der betrieblichen Ebene, insbesondere für bereits marginalisierte Beschäftigtengruppen. Besonders bedenkenswert ist es, wenn sich diese Tendenzen über den Lebensverlauf verfestigen und Beschäftigte am Ende den Anschluss verlieren. Soziale Selektionsmechanismen, die im deutschen Bildungssystem bereits bei Kindern eine Rolle spielen, sollten von Anfang an deutlich verringert werden. Investitionen in die Bildung sind dringend notwendig, denn der Zusammenhang zwischen der Vorbildung (Schichtzugehörigkeit) und den Entwicklungschancen im Lebensverlauf befindet sich immer noch in vielen Köpfen. Zudem besteht eine weitere ungelöste Problematik in der Anerkennung von Kompetenzen, die im Arbeitsprozess erworben wurden.

In der sozialpolitischen Diskussion über die *Zukunft der Arbeit* wäre es wichtig, entlang der Leitlinien im Konzept *Gute Arbeit* über ungenutzte Chancen für Aufstiege im Kontext von Industrie 4.0 zu diskutieren. Im Idealfall ist über die Rahmenbedingungen von arbeitsbezogenem Lernen zu verhandeln, anstatt die Gestaltung den Kräften am Markt zu überlassen. Gerade weil in digitalisierten Arbeitsumgebungen nicht für alle Beschäftigte die Anforderungen in einem verträglichen Maße ansteigen und die Kompetenzentwicklung von Beschäftigten stark von der Vorbildung abzuhängen scheint, werden Gegenentwürfe zu neoliberalen Handlungsansätzen benötigt. Eine gewerkschaftliche Zukunftsaufgabe wird es deshalb sein, die Reproduktion sozialer Chancengleichheit auf der betrieblichen Ebene abzuwenden. Es braucht politische Konzepte zur Förderung von Aus- und Weiterbildung, die sich aber nicht spezifisch auf den Erhalt von Fähigkeiten konzentrieren, sondern vorausschauende Interventionsansätze und eine individuelle Weiterentwicklung der Beschäftigten ermöglichen (Pre-Skilling).

Die vorliegenden Befunde zur Einführung neuer Technologien verdeutlichen, dass zum Beispiel der Einsatz von digitalen Assistenzsystemen dazu führen könnte, dass Leiharbeit in der manuellen Montage oder in der manuellen Bestückung zukünftig zunimmt. Assistenzsysteme vereinfachen die Arbeitsprozesse stark und die handlungsanleitenden Vorgaben im System wurden entsprechend standardisiert. Das erleichtert den Betrieben eine schnelle Einarbeitung, aber entwertet das Erfahrungswissen der langjährig Beschäftigten. Die Betriebe haben aufgrund von Flexibilisierungsansätzen die Beschäftigten nur unregelmäßigen Bedarf an Arbeitskräften. In bestimmten Phasen fragen sie Leihkräfte an. Aus Sicht der

Beschäftigten erwächst daraus ein Lebenslauf, bei dem sich eine prekäre Kurzanstellung an die nächste reiht. Wege aus der Leiharbeit sind kaum möglich, da selbst formal gering qualifizierte Beschäftigte inzwischen kaum noch dauerhaft eingestellt werden und ihnen damit Zukunftsaussichten fehlen. Leihkräfte haben vor allem weniger Möglichkeiten auf die Tarifpolitik einzuwirken.

Die vorliegenden Befunde zeigen auch, dass aus den Bedingungen zum arbeitsbezogenen Lernen unterschiedliche Konsequenzen in Bezug auf tarifpolitische Fragen resultieren. Eine Problematik zeigt sich hinsichtlich der Einkommensunterschiede in der ERA-Tabelle. Die Eingruppierungen erfolgen nach der jeweiligen Arbeitsplatzbeschreibung; Kompetenzen, die im Arbeitsprozess erworben wurden, spielen kaum eine Rolle im Entgelt. Aus Sicht der Beschäftigten fehlen damit teilweise Anreize zur Weiterentwicklung ihrer Kompetenzen. Nur selten kommt es im Kontext von Industrie 4.0 zur Aufstiegsqualifikation, die sich im Entgelt niederschlägt. Beschäftigten ist häufig nicht eindeutig klar, wie ihre im Arbeitsprozess erworbenen Kompetenzen auch entgeltliche Anerkennung finden.

Im Rahmen des Leitbildes *Gute Arbeit* sind deshalb Lösungen gefragt, in denen die kontinuierlichen Anpassungen der Kompetenzen an den Stand der Technik in das Tarifmodell einfließen. Die Lockerungen der Arbeitsvertragsbindungen sind ein wichtiges Thema gerade bei geringqualifizierten und prekären Beschäftigtengruppen. In Statistiken, die eine sinkende Arbeitslosigkeit verzeichnen, bleibt oft unerwähnt, dass diese mit der Ausweitung des Niedriglohnssektors einhergeht. Die tarifliche Entgeltspolitik spielt eine wichtige Rolle zur Vermeidung sozialer Spaltungstendenzen. Eine vielfältig gestaltete Tariflandschaft im Bereich der Arbeit von An- und Ungelernten könnte langfristig zur Prävention von Altersarmut dienen bzw. es wären reformierte sozialstaatliche Sicherungssysteme erforderlich.

Eine systematische Unterstützung von politischer Seite könnte den Übergang in neue Tätigkeitsfelder ermöglichen und eine strukturbedingte Arbeitslosigkeit durch zielgerichtete Qualifizierungsansätze verhindern. Beispielsweise könnten staatliche Investitionen in die Bildung über den gesamten Lebensverlauf dazu führen, dass formal geringqualifizierte Beschäftigte ihren Berufsabschluss nachholen und einen Rechtsanspruch auf erleichterte Zugänge zur Aus- und Weiterbildungsförderung haben. Das wäre darüber hinaus nicht nur ein Beitrag zur Qualifizierung von Beschäftigten, sondern trägt langfristig zur Sicherung der Beschäftigungsfähigkeit und zu einer Fachkräftesicherung bei. Ein Handlungsfeld für moderne Betriebsratsarbeit liegt im Themenfeld der strategischen Personalplanung und Personalentwicklung, um den Abbau von Befristungen und den Erhalt bzw. die Weiterentwicklung von Kompetenzen bei Beschäftigten mitzubestimmen. Einige Betriebe setzen diesen Anspruch bereits um, indem sie Betriebsvereinbarungen zur Qualifizierung aktualisieren und systematisch Aspekte zur Lernförderlichkeit im Hinblick auf die Digitalisierung von Arbeit integrieren. Betriebsratsgremien sind gefragt, im Rahmen des Betriebsverfassungsgesetzes die Interessen von Beschäftigten im Hinblick auf das arbeitsbezogene Lernen zu vertreten und können sich hierbei an Mustervereinbarungen orientieren, die von der Hans-Böckler-Stiftung bereitgestellt werden.

Die Befunde haben gezeigt, dass es beim arbeitsbezogenen Lernen zu Arbeitsverdichtungen kommen kann, weil sich viele Beschäftigte parallel zum Tagesgeschäft neues Wissen aneignen. Wenn die Lernzeiten nicht ausreichend bemessen sind, lassen sich zwei Tendenzen erkennen. Erstens tragen besonders mobile Technologien dazu bei, dass sich bei unzureichenden Zeitfenstern zum arbeitsbezogenen Lernen das Lernen ins Private verschiebt. Zweitens tragen Arbeitskräfte die alleinige Verantwortungslast für ihre Lernerfolge, die allerdings oft strukturell bedingt noch unausgereift sind. Das fördert psychische Belastungen und Gesundheitsrisiken. Diese Art der Arbeitsbelastungen im Zusammenhang mit dem arbeitsbezogenen Lernen betreffen im Kontext von Industrie 4.0 zunehmend alle Beschäftigtengruppen. Ernst zu nehmen sind Aspekte wie der Informationsüberfluss. Das Verständnis für die Synchronisation von Arbeitszeit und Lernzeit ist in Betrieben oft noch zu schulen, da diese zumindest in den untersuchten Betrieben oft noch nicht gegeben ist. Außerdem sollte ein besonderes Augenmerk auf die Verdichtung und die damit einhergehenden Belastungen beim arbeitsbezogenen Lernen gerichtet werden. In dieser Hinsicht geben die identifizierten Widerstände aufgrund überbordender Lernzeiten wichtige Hinweise. Die Einbindung betrieblicher Sozialpartnerschaften ist ein wichtiger Grundpfeiler zur Aushandlung der Interessensunterschiede zwischen Produktions- und Lernzielen. Es ist erforderlich, relevante Lerninhalte für die akademische Ausbildung und für die berufsbezogene Aus- und Weiterbildung kontinuierlich mit den Anforderungen in den Betrieben abzugleichen. Dabei gilt es, den Bedarf an Überblickswissen und das Verständnis für das Zusammenspiel aller Akteure im Produktionsprozess miteinzubeziehen.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass beim arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 ungelöste Spannungsfelder zwischen den Lernzielen und dem Produktionsdruck bestehen. Die Befunde zum arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 verdeutlichen, dass Ansätze zur lernförderlichen Arbeitsgestaltung eine zentrale Rolle im arbeitspolitischen Handlungsfeld einnehmen. Im Rahmen des Konzeptes *Gute Arbeit* zeichnet sich ein deutlicher Bedarf ab, die technikzentrierten Leitbilder und die humanzentrierten Leitbilder in Übereinstimmung zu bringen. Die Digitalisierung erfordert nicht nur Investitionen in neue Technologien, sondern neue Ansätze zur Weiterbildung der Beschäftigten, die eine Teilhabe für diese am digitalen Wandel der Arbeitswelt ermöglichen. Auf dem Weg in die digitale Arbeitswelt sind noch einige Hindernisse zu überwinden. Mit unpassenden Angebotsstrukturen zur Qualifizierung werden ganze Beschäftigtengruppen zunehmend abgehängt. Für die Verzahnung von Lernen und Arbeit ist ein gemeinsam geteiltes Verständnis erforderlich, das die Technologien danach bewertet, ob sie zur Ausweitung oder Verengung von Handlungsfähigkeiten der Beschäftigten beitragen. Die Entwicklung solcher Ansätze ist ein langfristiges und konfliktbehaftetes Unterfangen, da oft ökonomische Interessen im Vordergrund stehen und weniger die gesamtgesellschaftlichen Auswirkungen von Unterbrechungen im lebenslangen Lernprozess.

6.2 Schlussbemerkung zur Arbeit der Zukunft und weiterer Forschungsbedarf

Ruft man sich die aufgeworfenen Probleme zum *Upskilling* und zum *Deskilling* zu Beginn der Arbeit in Erinnerung, lässt sich resümierend festhalten, dass die Arbeit der Zukunft maßgeblich von der

Gestaltung der Lernförderlichkeit abhängen wird. Ein zentraler Punkt dafür ist die Mitbestimmung und die Selbstbestimmung beim arbeitsbezogenen Lernen.

In der Debatte um Industrie 4.0 ist die Studienlage weiterhin unzureichend und auch verallgemeinernde Aussagen kommen bislang noch zu kurz. Wenige Studien analysieren die Gemeinsamkeiten und Unterschiede sowie die Kontinuitäten und Diskontinuitäten während der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen innerhalb einer Branche oder zwischen mehreren Branchen. Zukünftig ist nicht auszuschließen, dass sich mit der Einführung neuer Technologien oder der Weiterentwicklung von Künstlicher Intelligenz zur algorithmischen Arbeitssteuerung soziale Ungleichheiten auf eine Weise reproduzieren, die durch die Lernprozesse von Beschäftigten strukturiert sind. Daher wird nicht nur die Industriearbeit weiterhin auf eine permanente Überprüfung angewiesen sein. Eine zukünftige Anschlussforschung unter gleichen oder unter ähnlichen Prämissen wäre für verschiedene Branchen wünschenswert. Allerdings müsste nicht neuerlich umfangreich exploriert werden, sondern es könnte direkt an die Erkenntnisse in ähnlichen Sektoren angeschlossen werden mit dem Ziel, die Aussagekraft der Studie zu erweitern.

Die zukünftige Arbeitswelt wird weiterhin durch neue Digitalisierungsprojekte wie der algorithmischen Arbeitssteuerung weiter herausgefordert (Raffetseder et al., 2017); gleichzeitig rechnen Bildungsexperten zukünftig mit einer weiteren Ausdifferenzierung in der Qualifizierung. Beschäftigte sind gefordert, in komplexer werdenden Arbeitsumgebungen mit einer kontinuierlichen Bereitschaft ihre Arbeitskraft dafür aufzubringen, sich neue Kompetenzen anzueignen bzw. diese weiterzuentwickeln. Die vorliegenden Befunde der untersuchten Fallbetriebe zum Zusammenhang der Digitalisierung von Arbeit und den Aushandlungsprozessen deuten darauf hin, dass die Gestaltungsansätze für den Wandel der Arbeit im Kontext von Industrie 4.0 zukünftig stärker die Interdependenzen der technischen und der sozialen Dimensionen berücksichtigen müssten. Allerdings gibt es bisher ungelöste Probleme und widersprüchliche Tendenzen. Datengetriebene Produktionsplanung erfordert zukünftig eine tarifpolitische Entlohnung.

Wie die Befunde zeigen, hängt das arbeitsbezogene Lernen stark mit den Lernangeboten und den Lernbedingungen in den Betrieben zusammen und ist weniger auf eine persönliche Lernbereitschaft zurückzuführen. Mit dem Leitbild *Gute Arbeit* liegt ein wesentlicher Gestaltungsanspruch für das kontinuierliche Lernen im Prozess der Arbeit vor, was für Beschäftigte zunehmend an Bedeutung gewinnen wird. Zukünftig wird sich die Verteilung der Arbeitshandlungen zwischen Menschen und Technik weiter verschieben. Bei der Anerkennung humanzentrierter Kompetenzen wird es in den kommenden Jahren weiterhin um die Gestaltung einer humanisierten Arbeitswelt mit partizipatorischen Ansätzen gehen. In der Entwicklung von Lernangeboten für verschiedene Beschäftigungsgruppen und beim Abbau von Hürden zum Lernen im Arbeitsprozess – um die Angebote für Beschäftigte aus allen für alle Gruppen leicht zugänglich zu machen – kommt es auf eine aktive Gestaltung unter Beteiligung der Beschäftigten an. Für das arbeitsbezogene Lernen besteht eine Möglichkeit der Aufwertung. Gleichzeitig müsste darauf geachtet werden, nicht in einen Bildungswettbewerb zum Humankapital mit Selbstoptimierungszwang zu verfallen. Das würde dem Konzept einer lernförderlichen Arbeit entgegenstehen und neue Probleme erzeugen, die nicht mit dem Leitbild *Gute Arbeit* übereinstimmen.

Mitsprache kann einer Reproduktion sozialer Ungleichheit entgegenwirken. Die Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen ist bei weitem noch nicht abgeschlossen und bedarf einer weiterführenden Beobachtung und Dokumentation durch empirische Studien.

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation ist deutlich geworden, dass sich im Kontext von Industrie 4.0 eine Verfestigung ungleicher Chancen zur Qualifizierung auf der betrieblichen Ebene abzeichnet und damit ein weiterführender Forschungsbedarf. Erste Schritte zur Erforschung der Reproduktionsmechanismen in Betrieben sind getan und weiterführender Forschungsbedarf ist identifiziert. Die weiterführende Forschung ist in drei größeren Feldern denkbar, um die vorliegenden Befunde zu stützen bzw. zu erweitern oder gegebenenfalls zu widerlegen.

6.2.1.1 Untersuchungsfeld 1: Weitere Forschung zur Generalisierung der Befunde

Im Anschluss an die vorliegenden Befunde zum arbeitsbezogenen Lernen in der Metall- und Elektroindustrie wäre eine weiterführende Forschung im Industriesektor wünschenswert. Im Rahmen der üblichen forschungspraktischen Überlegungen basiert die Argumentation in dieser Dissertationsschrift insgesamt auf vier Fallstudien einer Branche (M+E Industrie) und der empirisch erforschte Gegenstand ist auf deutsche Großbetriebe festgelegt. Die forschungspraktische Abgrenzung des Untersuchungsfeldes schränkt zwar die Generalisierbarkeit der Befunde auf der quantitativen Ebene durchaus ein, verdeutlicht aber ebenso einen Bedarf weiterer Forschung in ähnlichen Industriebetrieben und/oder in Betrieben anderer Größenordnung wie bspw. KMU oder Zulieferbetriebe. Außerdem wäre eine Ausdehnung des Forschungsfeldes auf weitere Industriesektoren wie die Chemie- oder Lebensmittelindustrie vor dem Hintergrund der technologischen Entwicklungen im Kontext von Industrie 4.0 wünschenswert. Gerade die Einführung neuer Technologien in die Arbeitsprozesse von Beschäftigten ist in weiteren Industriesektoren wie in der Automobil-, Chemie- und Lebensmittelindustrie zu beobachten. Hier könnten qualitative Studien in weiteren Betrieben anschließen und zur Generalisierbarkeit der vorliegenden Befunde beitragen. Das ermöglicht vertiefte Aussagen zu Diskontinuitäten in der Umsetzung von Digitalisierung im Hinblick auf die Bedingungen zum *Upskilling* und zum *Deskilling* unter lerntheoretischen Prämissen. Eine übergeordnete Frage hierbei könnte sein, inwieweit sich in anderen Industriebranchen das arbeitsbezogene Lernen verbreitet ist bzw. wie dieses dort gestaltet wird.

Die Befunde könnten zukünftig zur Generalisierbarkeit spezifischer Aussagen hinsichtlich ungleicher Chancen im Hinblick auf die Teilhabe am digitalen Wandel beitragen. Mit Befunden aus anderen Sektoren ließen sich vermutlich Erkenntnisse für weiterführende Untersuchungen aus einer quantitativen Methoden-Perspektive ziehen. Bisher existieren noch Schwierigkeiten, die Digitalisierung oder die Tätigkeiten angemessen in der Breite zu erfassen. Qualitative Kategorien könnten hierzu einen Beitrag leisten. Darüber hinaus befassen sich auch andere betriebliche Bereiche vermehrt mit der Umsetzung von Digitalisierungskonzepten in Büros oder in Verwaltungsbereichen, die jedoch im Rahmen dieser Studie nicht primär erforscht wurden, sondern eher am Rande in den Interviews von Befragten immer wieder thematisiert wurden. Neben der unmittelbaren Produktion aber könnten Beschäftigungsfelder in Logistik, Produktionsplanung und anderen administrativen Aufgaben automatisiert werden. Hier besteht

ein weiterführender Forschungsbedarf, weil diese Art der weiterführenden Untersuchung über die analysierten Funktionsbereiche hinaus den Rahmen dieser Studie bei weitem überschritten hätten.

Im dynamischen Umsetzungsprozess von Industrie 4.0 bestehen unzählige weitere Abhängigkeiten, die über die betriebliche Ebene hinausgehen, die aber nicht Gegenstand dieser Dissertation sind. In allen Expertendiskussionen wurden diese nur angedeutet. Zum Beispiel gehören die Entwicklungen auf den Beschaffungs- und Absatzmärkten sowie die Entwicklungen auf den Arbeitsmärkten insgesamt dazu. Diese werden jeweils von unterschiedlichen Interessen und eigenen Logiken bestimmt. Weitere Vertiefungsstudien könnten hier anschließen.

6.2.1.2 *Untersuchungsfeld 2: Subjekttheoretische Vertiefung ungleicher Bildungsbiografien*

Ein zweiter Anknüpfungspunkt bezieht sich auf den subjekttheoretischen Zugang zum arbeitsbezogenen Lernen. Die vorliegende Analyse kann nicht in Gänze alle Faktoren der Verschränkung aus Arbeit und Lernen abbilden. Obwohl arbeitsbezogenes Lernen eine lange Tradition hat, ist es insgesamt in der Arbeitssoziologie noch wenig erforscht. Vor allem unterliegt der Stellenwert und die Beurteilung dieser Lernform einem stetigen Wandel. Über die Sicht der Beschäftigten zum arbeitsbezogenen Lernen und die subjektive Wahrnehmung lernförderlicher Arbeitsbedingungen im Kontext der Digitalisierung ist insgesamt noch wenig bekannt; Lernwiderstände werden in diesem Zusammenhang kaum beleuchtet. Aus Perspektive der Arbeitssoziologie erscheint der subjektwissenschaftliche Zugang zum arbeitsbezogenen Lernen vor dem Hintergrund fortschreitender Entwicklungen auf der technologischen und arbeitsorganisatorischen Ebene angebracht. Das hat praktische und methodische Konsequenzen, denn teilweise fehlt die Integration der Kategorien lernförderlicher Arbeit in Konzepten wie *Gute Arbeit*. Methodisch hat sich der subjekttheoretische Zugang zum arbeitsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 im Rahmen des Fallstudiendesigns bewährt, da im Prozess der Umsetzung fortlaufend neue Beobachtungen zu technologischen oder arbeitsorganisatorischen Entwicklungen einbezogen werden konnten. Die Schwierigkeit besteht darin, abgrenzbare Entwicklungsphasen in einem fortlaufenden Prozess zu erkennen.

Im Rahmen der Studie hat sich gezeigt, dass sich ungleiche Bildungsprozesse im Erwachsenenalter fortsetzen können. Weiterführend könnte im Anschluss an die vorliegenden Befunde die biografische Reproduktion von sozialer Bildungsungleichheit in einer Lebensverlaufsperspektive – speziell bei Industriebeschäftigten – weiterführend qualitativ untersucht werden. Im Rahmen dessen ist es denkbar, biografische Fallstudien zum Zusammenhang der Familien-, Bildungs- und Arbeitsmarktkarrieren bei Industriebeschäftigten anzufertigen. Im Hinblick auf die Entwicklung von Lernwiderständen wäre eine solche Forschung wünschenswert, um die Entstehung von Lernwiderständen im Zeitverlauf vertieft zu verstehen. Eine zentrale Frage in diesem Zusammenhang ist, inwieweit die subjektiven Zuschreibungen im Hinblick auf die Vorbildung bei bestimmten Gruppen in der Industrie übereinstimmen und die Arbeitsbiografie formen. Die Befunde könnten zukünftig Ausgrenzungen verhindern und zur Entkräftung von Attributionen durch Dritte beitragen.

6.2.1.3 Untersuchungsfeld 3: Gute Arbeit und Mitbestimmungspraxis mit Industrie 4.0

Einige Fragen zu *Gute Arbeit* und der Mitbestimmung konnten im Rahmen der Dissertation noch nicht beantwortet werden. Forschungsbedarf besteht zur Frage, welche alternativen Umsetzungspfade im Kontext von Industrie möglich sind und ob die Mitbestimmung im Kontext von Industrie 4.0 an ihre Grenzen kommt, weil sich bspw. Arbeit und arbeitsbezogenes Lernen entgrenzen. Wichtig wäre es herauszufinden, welche eingeschlagenen Pfade im Leitbild *Gute Arbeit* aus Sicht der Betriebsräte zu finden sind und welche systematischen Konfliktfelder zum arbeitsbezogenen Lernen in den Aushandlungsprozessen zur Digitalisierung der Arbeit entstehen. Oft ist im gewerkschaftlichen Bild der *Mensch im Mittelpunkt der Industrie 4.0*, aber die Aushandlungspraxis in der sozialen Wirklichkeit ist bisher wenig konkretisiert. Möglicherweise sind die unterschiedlichen Gründe von Gewerkschaften hinsichtlich des Konzepts *Gute Arbeit* selbst fruchtbarer Gegenstand für weitere Forschung.

Aufgrund der Debatte zur sogenannten *Künstlichen Intelligenz (KI)*, die bspw. der algorithmischen Steuerung in der Produktion dient, deutet sich in anderen Sektoren wie in der Landwirtschaft und im Dienstleistungssektor ein weiterer Forschungsbedarf an, um mehr über die Verbreitung und Nutzung in der betrieblichen Wirklichkeit zu erfahren, um Mitbestimmung bei Betriebsräten zu klären, aber auch hinsichtlich der Frage, welche Auswirkungen KI auf das arbeitsbezogene Lernen haben kann. Anzunehmen ist, dass sich mit der zunehmenden Einführung von KI-Anwendungen die Kompetenzen weiter verändern und sich die Lernprozesse zunehmend durch technische Lösungen mit verändern. Zu fortlaufenden und neuen Entwicklungen im Hinblick auf die Digitalisierung fehlen noch Befunde zur männerdominierten und frauendominierten Industriearbeit, die qualitativ wie quantitativ im Hinblick auf die Aufstiegschancen mit Digitalisierung untersucht werden könnten. Auch die Entwertung der Arbeitskompetenzen bei Führungskräften wird bislang zu wenig thematisiert. Diese Beschäftigtengruppe entscheidet nicht über die strategische Einführung digitaler Technologien, aber soll sogenannte *“Decision Support Systeme”*, welche zunehmend auf KI basieren zur Entscheidungsfindung anwenden. Somit könnten sich für diese Gruppe Entscheidungsspielräume verkürzen und die Arbeit rationalisieren. Andererseits zeichnet sich aber auch ab, dass eine zunehmende kommunikative Kompetenz für die Bewältigung komplexer Anforderungen vorausgesetzt wird.

Die Gestaltung von Arbeit ist kein einmaliger Schritt, sondern ein fortlaufender Prozess. Weitere technologische Entwicklungen werden in absehbarer Zeit folgen. Zum Beispiel deutet sich an, dass die Einführung von Technologien wie *Künstliche Intelligenz* ein wichtiger Forschungsanlass sein könnte, weil diese Technologien bestehende Ungleichheiten weiter verfestigen könnten. Arbeitssoziologische Forschung könnte hier ansetzen und die mögliche Reproduktion ungleicher Chancen beim arbeitsbezogenen Lernen im Kontext neuer Technologien weiterführend untersuchen. Das erfordert arbeitssoziologische Forschungsprogramme, die es ermöglichen, über einen längeren Zeitraum und kontinuierlich die technologischen Tendenzen und die Auswirkungen auf der sozialen Ebene zu erfassen. Arbeitssoziologische Forschung müsste mehr als bisher über einzelne Momentaufnahmen zur Technologieeinführung hinausgehen und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Technologiestufen herstellen, um zu einem umfassenden Verständnis von Digitalisierungsprozessen auf gesellschaftlicher

Ebene zu gelangen. Vor diesem Hintergrund ist die bestehende Qualifikation der unterschiedlichen Beschäftigtengruppen und ihre Handlungsspielräume im Zusammenhang mit den Anforderungen und der tariflichen Entgeltpolitik zu analysieren und dabei die technischer oder/und arbeitsorganisatorischer Mitgestaltung analytisch einzubeziehen.

An dieser Stelle bleibt abschließend zu betonen, wie wichtig Beschäftigte für die Gestaltung lernförderlicher Arbeit sind. Beschäftigte sind die Experten für ihren Bereich und nur sie können Auskunft zu ihren Ansprüchen geben. In Zukunft sollte die Gestaltung lernförderlicher Bedingungen daher die Beschäftigten stärker als bisher einbeziehen, allein um die in sich geschlossenen Reproduktionspfade aufzulockern und tendenziöse Bewegungen in der Polarisierungsspirale nicht den wenigen Entscheidern zu überlassen.

7 BIBLIOGRAFIE

- Abel, J., Hirsch-Kreinsen, H., & Ittermann, P. (2014). *Einfacharbeit in der Industrie: Strukturen, Verbreitung und Perspektiven*. Edition Sigma.
- Abel, J., & Ittermann, P. (2013). Einfacharbeit. In H. Hirsch-Kreinsen & H. Minssen (Hrsg.), *Lexikon der Arbeits- und Industriosozilogie* (S. 175–181). Edition Sigma.
- Abel, J., Ittermann, P., & Steffen, M. (2013). *Wandel von Industriearbeit. Herausforderungen und Folgen neuer Produktionssysteme in der Industrie. Arbeitspapier Nr. 32* (H. Hirsch-Kreinsen & J. Weyer, Hrsg.). TU Dortmund.
- Abicht, L., & Spöttl, G. (2012). *Qualifikationsentwicklungen durch das Internet der Dinge: Trends in Logistik, Industrie und "Smart House"* (Bd. 2). W. Bertelsmann Verlag.
- Acatech, D. A. der T. (2011). *Cyber-Physical Systems. Innovationsmotoren für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion* (1. Aufl.). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-27567-8>.
- Acatech, D. A. der T. (2015). *Smart Maintenance für Smart Factories. Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben*.
- Acatech, D. A. der T., & Forschungsunion. (2013). *Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0* [Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0]. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. <https://www.acatech.de/publikation/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-4-0-abschlussbericht-des-arbeitskreises-industrie-4-0/download-pdf/?lang=de>.
- Adami, W., Lang, C., Pfeiffer, S., & Rehberg, F. (Hrsg.). (2008). *Montage braucht Erfahrung: Erfahrungsbasierte Wissensarbeit in der Montage* (1. Aufl). Hampp.
- Ahrens, D., & Spöttl, G. (2015). *Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften*. In H. Hirsch-Kreinsen, P. Ittermann, & J. Niehaus (Hrsg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit* (1. Aufl., S. 184–205). Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. <https://doi.org/10.5771/9783845263205-184>.
- Alda, H. (2013). *Tätigkeitsschwerpunkte und ihre Auswirkungen auf Erwerbstätige: Eine empirische Anwendung des Tätigkeitsansatzes für die Beschreibung von Arbeitsplätzen in Deutschland und die Abschätzung sozioökonomischer Konsequenzen der Teilhabeleistungen von Erwerbsarbeit im*

- Jahr 2006 (Research Report Nr. 138). Wissenschaftliche Diskussionspapiere.
<https://www.econstor.eu/handle/10419/236102>.
- Alheit, P., & Dausien, B. (2002). *Bildungsprozesse über die Lebensspanne und lebenslanges Lernen*. In: Tippelt, R. (eds) Handbuch Bildungsforschung. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
https://doi.org/10.1007/978-3-322-99634-3_31.
- Apt, W., Bovenschulte, M., Priesack, K., Hartmann, E. A., & Weiß, C. (2018). *Einsatz von digitalen Assistenzsystemen im Betrieb* [Expertise]. iit - Institut für Innovation und Technik.
https://www.iit-berlin.de/iit-docs/0b0ab71d0ed949269fa39e2b38665fde_Einsatz-von-digitalen-Assistenzsystemen-im-Betrieb.pdf.
- Atteslander, P. (1971). *Methoden der Empirischen Sozialforschung*. Walter de Gruyter.
- Autor, D. H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30. <http://dx.doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Autor, D. H., & Dorn, D. (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, 103(5), 1553–1597.
<https://doi.org/10.1257/aer.103.5.1553>.
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279–1333.
<https://doi.org/10.1162/003355303322552801>.
- Autorengruppe Bildungsberichterstattung. (2020). *Bildung in Deutschland 2020. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt*. wbv Media.
<https://doi.org/10.3278/6001820gw>.
- Bachmann, R., Cim, M., & Green, C. (2019). Long-Run Patterns of Labour Market Polarization: Evidence from German Micro Data. *British Journal of Industrial Relations*, 57(2), 350–376.
<https://doi.org/10.1111/bjir.12419>.
- Baethge-Kinsky, V., Kuhlmann, M., & Tullius, K. (2018). *Technik und Arbeit in der Arbeitssoziologie – Konzepte für die Analyse des Zusammenhangs von Digitalisierung und Arbeit*. Arbeits- und Industriesoziologische Studien, 11(2), 91–106.
- Baethge-Kinsky, V., Marquardsen, K., & Tullius, K. (2018a). *Instandhaltungsarbeit in einer „Industrie 4.0“ – schöne neue Arbeitswelt?* WSI-Mitteilungen, <https://doi.org/10.5771/0342-300X-2018-3-174>.

- Baethge-Kinsky, V., Marquardsen, K., & Tullius, K. (2018b). *Perspektiven industrieller Instandhaltungsarbeit*. *WSI-Mitteilungen*, 71(3), 174–181. <https://doi.org/10.5771/0342-300X-2018-3-174>.
- Baethge-Kinsky, V., & Tullius, K. (2007). *Produktionsarbeit und Kompetenzentwicklung in der Automobilindustrie – was geben flexibel standardisierte Produktionssysteme für den Einsatz qualifizierter Fachkräfte her? Zu den Veränderungen moderner Arbeitsorganisation und ihren Auswirkungen auf die berufliche Bildung*. - Stuttgart : Steiner, p. 112-131.
- Bauer, H. G., & Munz, C. (2004). Erfahrungsgelitetes Handeln lernen—Prinzipien erfahrungsgeliteten Lernens. In F. Böhle, S. Pfeiffer, & N. Sevsay-Tegethoff (Hrsg.), *Die Bewältigung des Unplanbaren* (S. 55–73). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-80597-3_3.
- Bauer, H. G., Munz, C., & Pfeiffer, S. (1999). Erfahrungsgelitetes Lernen und Arbeiten als Methode und Ziel. *Berufsbildung, Europäische Zeitschrift*, 57, 8–9.
- Bauernhansl, T. (2014). Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In T. Bauernhansl, M. ten Hompel, & B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration* (S. 5–35). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8_1.
- Bauernhansl, T., ten Hompel, M., & Vogel-Heuser, B. (Hrsg.). (2014). *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>.
- Baum, G. (2013). Innovationen als Basis der nächsten Industrierevolution. In U. Sandler (Hrsg.), *Industrie 4.0: Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM* (S. 37–53). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36917-9_3.
- Becker, R., & Lauterbach, W. (2004). Dauerhafte Bildungsungleichheiten—Ursachen, Mechanismen, Prozesse und Wirkungen. In R. Becker & W. Lauterbach (Hrsg.), *Bildung als Privileg? Erklärungen und Befunde zu den Ursachen der Bildungsungleichheit* (S. 9–40). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-93532-8_1.
- Becker, R., & Lauterbach, W. (Hrsg.). (2010). *Bildung als Privileg: Erklärungen und Befunde zu den Ursachen der Bildungsungleichheit* (4., aktualisierte Aufl. 2010, Softcover). Springer VS.

- Becker, R., & Lauterbach, W. (Hrsg.). (2016). *Bildung als Privileg: Erklärungen und Befunde zu den Ursachen der Bildungsungleichheit* (5., aktualisierte Auflage). Springer VS.
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-11952-2>.
- Bigalk, D. (2006). *Lernförderlichkeit von Arbeitsplätzen—Spiegelbild der Organisation? Eine vergleichende Analyse von Unternehmen mit hoch und gering lernförderlichen Arbeitsplätzen*. Kassel University Press GmbH.
- Bogner, A., Littig, B., & Menz, W. (2005). *Das Experteninterview: Theorie, Methode, Anwendung* (2.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Böhle, F. (2021). *Perspektiven für die Bildungs- und Arbeitspolitik – sieben Thesen*. In: Bolte, A.; Neumer, J. (Hrsg.): *Lernen in der Arbeit*, Hampp Verlag, Augsburg/Mering, S. 195-198.
- Böhle, F. (2021). *Von der Humanisierung der Arbeit bis heute – Neue Anforderungen an die lernförderliche Gestaltung von Arbeit*. In: Bolte, A.; Neumer, J. (Hrsg.): *Lernen in der Arbeit*, Hampp Verlag, Augsburg/Mering, S. 13-30.
- Böhle, F. (2017). *Arbeit als Subjektivierendes Handeln*. Handlungsfähigkeit bei Unwägbarkeiten und Ungewissheit. Springer VS, Wiesbaden.
- Böhle, F. (2015). *Erfahrungswissen jenseits von Erfahrungsschatz und Routine*. In A. Dietzen, J. J. W. Powell, & A. Bahl (Hrsg.), *Soziale Inwertsetzung von Wissen, Erfahrung und Kompetenz in der Berufsbildung* (S. 34–63). Beltz Juventa.
- Böhle, F. (1998). *Technik und Arbeit—Neue Antworten auf „alte“ Fragen*. *Soziale Welt*, 49(3), 233–252.
- Böhle, F. & Altmann, N. (1973). *Technischer Fortschritt und soziale Risiken*. In: *Bundesarbeitsblatt*, 1.
- Böhle, F., Bolte, A., Neumer, J., Pfeiffer, S., Porschen, S., Ritter, T., Sauer, S., & Wühr, D. (2011). *Subjektivierendes Arbeitshandeln*. "Nice to have" oder ein gesellschaftskritischer Blick auf „das Andere“ der Verwertung? *AIS-Studien*, 4(2), 16–26. <https://doi.org/10.21241/ssoar.64761>.
- Böhle, F., Bolte, A. (2002): *Die Entdeckung des Informellen*. Der schwierige Umgang mit Kooperation im Arbeitsalltag, Frankfurt/New York: Campus Verlag, 2002.
- Böhle, F., Bolte, A., Neumer, J., Pfeiffer, S., Porschen, S., Ritter, T., Sauer, S., & Wühr, D. (2017). *Subjektivierendes Arbeitshandeln – „Nice to have“ oder ein gesellschaftskritischer Blick auf „das Andere“ der Verwertung?* In F. Böhle (Hrsg.), *Arbeit als Subjektivierendes Handeln* (S. 839–847). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-14983-3_62.
- Böhle, F., & Milkau, B. (1988). *Sinnliche Erfahrung und Erfahrungswissen im industriellen Arbeitsprozess* (Bd. 13). Universität München, SFB 333 Entwicklungsperspektiven von Arbeit.

- Böhle, F., Hirsch-Kreinsen, H., Milkau, B., & Rose, H. (2017). *Tätigkeit und Arbeitsprozess*. In: Böhle, F. (2017). *Arbeit als Subjektivierendes Handeln*. Handlungsfähigkeit bei Unwägbarkeiten und Ungewissheit. S. 67-79, Springer VS, Wiesbaden.
- Böhle, F., & Sauer, S. (2019). Erfahrungswissen und lernförderliche Arbeit – Neue Herausforderungen und Perspektiven für Arbeit 4.0 und (Weiter-)Bildung. In R. Dobischat, B. Käßlinger, G. Molzberger, & D. Münk (Hrsg.), *Bildung 2.1 für Arbeit 4.0?* (Bd. 6, S. 241–263). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23373-0_14.
- Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I., & Nohl, A.-M. (2013). *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bohnsack, R., Pfaff, N., & Weller, W. (Hrsg.). (2010). *Qualitative analysis and documentary method in international educational research*. Barbara Budrich.
- Bolder, A., & Hendrich, W. (2000). *Fremde Bildungswelten. Alternative Strategien lebenslangen Lernens*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2435.4081>.
- Bonin, H., Gregory, T., & Zierahn, U. (2015). *Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland* (Research Report Nr. 57). ZEW-Kurzexpertise. <https://www.econstor.eu/handle/10419/123310>.
- Botthof, A., & Hartmann, E. A. (Hrsg.). (2015). *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Springer Vieweg.
- Brandt, G. (1984). Marx und die neuere deutsche Industriesoziologie. *Leviathan*, 12(2), 195–215.
- Braverman, H. (1977). *Die Arbeit im modernen Produktionsprozess*. Campus Verlag.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age. Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird*. Plassen Verlag.
- Burawoy, M. (1979). The Anthropology of Industrial Work. *Annual Review of Anthropology*, 8, 231–266.
- Consoli, D., & Rentocchini, F. (2015). A taxonomy of multi-industry labour force skills. *Research Policy*, 44(5), 1116–1132. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.12.005>.
- Dehnbostel, P. (2006). *Lernen im Prozess der Arbeit*. Waxmann Verlag.
- Dehnbostel, P. (2008). *Berufliche Weiterbildung: Grundlagen aus arbeitnehmerorientierter Sicht*. edition sigma.
- Dehnbostel, P. (2015): *Lernen im Prozess der Arbeit* – Handlungsfelder und Orientierungen für den Pflegebereich. In: Sieger, M. u. a. (Hrsg.): *Digital lernen – evidenzbasiert pflegen*. Neue Medien in der Fortbildung von Pflegefachkräften. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 35 – 45.

- Dehnbostel, P. (2016). Informelles Lernen in der betrieblichen Bildungsarbeit. In M. Rohs (Hrsg.), *Handbuch Informelles Lernen* (S. 343–364). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-05953-8_41.
- Dehnbostel, P. (2018). Lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung in der digitalisierten Arbeitswelt. *Arbeit*, 27(4), 269–294. <https://doi.org/10.1515/arbeit-2018-0022>.
- Dehnbostel, P. (2019). *Betriebliche Lernorte, Lernräume und Selbstlernarchitekturen in der digitalisierten Arbeitswelt*. <https://doi.org/10.25656/01:16663>.
- Dehnbostel, P., Richter, G., Schröder, T., Tisch, A. (2021). *Kompetenzentwicklung in der digitalen Arbeitswelt*. Zukünftige Anforderungen und berufliche Lernchancen. Schäffer-Poeschel.
- Dengler, K., & Matthes, B. (2015). *Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland* (Research Report Nr. 11/2015). IAB-Forschungsbericht. <https://www.econstor.eu/handle/10419/146097>.
- Dengler, K., & Matthes, B. (2018). *Substituierbarkeitspotenziale von Berufen: Wenige Berufsbilder halten mit der Digitalisierung Schritt* (Research Report Nr. 4/2018). IAB-Kurzbericht. <https://www.econstor.eu/handle/10419/185839>.
- Denzin, N. K. (1970). *The Research Act: A theoretical Introduction to dociological methods*. Aldine.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. (2003). *The landscape of qualitative research: Strategies for qualitative research: Theories and issues*. Sage.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2017). *The SAGE Handbook of Qualitative Research* (5th edition). Sage Publications Ltd.
- Deuse, J., Weisner, K., Hengstebeck, A., & Busch, F. (2015). Gestaltung von Produktionssystemen im Kontext von Industrie 4.0. In A. Botthof & E. A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 99–109). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7_11
- Diewald, M., Andernach, B., & Kunze, E. S. (2020). Entwicklung der Beschäftigungsstruktur durch Digitalisierung von Arbeit. In G. W. Maier, G. Engels, & E. Steffen (Hrsg.), *Handbuch Gestaltung digitaler und vernetzter Arbeitswelten* (S. 435–451). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-52979-9_19.
- Dobischat, R., Käßlinger, B., Molzberger, G., & Münk, D. (Hrsg.). (2019). *Bildung 2.1 für Arbeit 4.0?* Springer VS, Springer Fachmedien Wiesbaden.

- Dobischat, R., & Roß, R. (2004). Segmentierung und Benachteiligung in der beruflichen und betrieblichen Weiterbildung – Beispiele aus dem Ruhrgebiet. *Jahrbuch Arbeit, Bildung, Kultur*, 21/22, 271–282.
- Dolata, U., & Schrape, J.-F. (2013). Zwischen Individuum und Organisation: Neue kollektive Akteure und Handlungskonstellationen im Internet (Working Paper Nr. 2013–02). SOI Discussion Paper. <https://www.econstor.eu/handle/10419/88177>.
- Dombrowski, U., Riechel, C., & Evers, M. (2014). Industrie 4.0–Die Rolle des Menschen in der vierten industriellen Revolution. *Industrie*, 4, 129–153.
- Egbringhoff, J., Kleemann, F., Matuschek, I., & Voß, G.-G. (2003). *Subjektivierung von Bildung: Bildungspolitische und bildungspraktische Konsequenzen der Subjektivierung von Arbeit* [WorkingPaper]. <https://doi.org/10.18419/opus-8572>.
- Emery, F. E., & Trist, E. L. (1960). Socio-technical systems. In C. W. Churchman & M. Verhulst (Hrsg.), *Management science, models and techniques* (S. 83–97). Oxford: Pergamon.
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihm, W. (2016). Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production. *Procedia CIRP*, 54, 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>.
- Evers, Maren, Krzywdzinski, Martin and Pfeiffer, Sabine. Wearable Computing im Betrieb gestalten: Rolle und Perspektiven der Lösungsentwickler im Prozess der Arbeitsgestaltung" *Arbeit*, Vol. 28, 1, 2019, pp. 3-27. <https://doi.org/10.1515/arbeit-2019-0002>.
- Evangelista, R., Guerrieri, P., & Meliciani, V. (2014). The economic impact of digital technologies in Europe. *Economics of Innovation and New Technology*, 23(8), 802–824. <https://doi.org/10.1080/10438599.2014.918438>.
- Faulstich, P. (2013). *Menschliches Lernen: Eine kritisch-pragmatistische Lerntheorie*. Transcript.
- Faulstich, P., & Grell, P. (2005). *Widerständig ist nicht unbegründet—Lernwiderstände in der forschenden Lernwerkstatt*. <https://www.die-bonn.de/id/8515/about/html>.
- Fiedler, A., & Regenhard, U. (1991). *Mit CIM in die Fabrik der Zukunft? Probleme und Erfahrungen*. Westdeutscher Verlag.
- Flick, U., Kardorff, E. von, & Steinke, I. (Hrsg.). (2019). *Qualitative Forschung: Ein Handbuch* (13. Auflage, Originalausgabe). rowohlt's enzyklopädie im Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Flick, U. (2018). *An Introduction to Qualitative Research*. 6.Edition, SAGE.

- Flick, U. (2014). Gütekriterien qualitativer Sozialforschung. In: Baur, N., Blasius, J. (eds) *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0_29.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Oxford Martin Programme on Technology and Employment*. https://sep4u.gr/wp-content/uploads/The_Future_of_Employment_ox_2013.pdf.
- Frieling, E. (Hrsg.). (2006). *Lernen durch Arbeit: Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Lernmöglichkeiten am Arbeitsplatz*. Waxmann.
- Fuchs, T. (2010). Der DGB-Index Gute Arbeit. In B. Badura, H. Schröder, J. Klose, & K. Macco (Hrsg.), *Fehlzeiten-Report 2009* (S. 175–195). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01078-1_19.
- Geisberger, E., & Broy, M. (2012). *Cyber-Physical Systems: Visionen, Charakteristika und Neue Fähigkeiten*. In E. Geisberger & M. Broy (Hrsg.), *Agenda CPS* (Bd. 1, S. 29–68). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29099-2_2.
- Girtler, R. (2009). *Methoden der Feldforschung* (1. Aufl). UTB GmbH.
- Gläser, J., & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrument rekonstruierender Untersuchungen* (4. Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Goos, M., Manning, A., & Salomons, A. (2009). Job Polarization in Europe. *American Economic Review*, 99(2), 58–63. <https://doi.org/10.1257/aer.99.2.58>.
- Grell, P. (2006). *Forschende Lernwerkstatt*. Waxmann Verlag.
- Grell, P., Marotzki, W., & Schelhowe, H. (2009). *Neue digitale Kultur- und Bildungsräume*. Springer-Verlag.
- Haipeter, T., Bosch, G., Schmitz-Kießler, J., & Spallek, A.-C. (2019). *Neue Mitbestimmungspraktiken in der digitalen Transformation der „Industrie 4.0“*: Befunde aus dem gewerkschaftlichen Projekt „Arbeit 2020 in NRW“. *Industrielle Beziehungen. Zeitschrift für Arbeit, Organisation und Management*, 26(2), Art. 2.
- Helfferich, C. (2019). Leitfaden- und Experteninterviews. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 669–686). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_44.

- Helfferrich, C. (2014). *Leitfaden- und Experteninterviews*. In: Baur, N., Blasius, J. (eds) Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Springer VS, Wiesbaden.
https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0_39.
- Helfferrich, C. (2010). *Die Qualität qualitativer Daten*. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews. 3., überarb. Aufl. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften (2009).
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014). *Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“*. *WSI-Mitteilungen*, 67(6), 421–429. <https://doi.org/10.5771/0342-300X-2014-6-421>.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2015). *Digitalisierung von Arbeit: Folgen, Grenzen und Perspektiven*. *Soziologische Arbeitspapiere*;43. <https://doi.org/10.17877/DE290R-17066>.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2016a). Industrie 4.0 als Technologieversprechen. *Soziologische Arbeitspapiere*, 46. <https://doi.org/10.17877/DE290R-17164>.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2016b). *Social Manufacturing and Logistics: Konturen eines Leitbildes digitaler Industriearbeit* (Begleitforschung AUTONOMIK für Industrie 4.0 VDI/VDE Innovation + Technik GmbH Bericht des Forschungsprojektes „SoMaLI“). https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Autonomik-somali.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D3.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2017). Digitalisierung industrieller Einfacherarbeit. Entwicklungspfade und arbeitspolitische Konsequenzen. *Arbeit*, 26(1), 7–32. <https://doi.org/10.1515/arbeit-2017-0002>
- Hirsch-Kreinsen, H. (2018a). *Arbeit 4.0: Pfadabhängigkeit statt Disruption* [Soziologisches Arbeitspapier, TU Dortmund]. TU Dortmund.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2018b). Das Konzept des Soziotechnischen Systems—Revisited. *AIS-Studien*. <https://doi.org/10.21241/SSOAR.64859>.
- Hirsch-Kreinsen, H. & Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung (Hrsg.). (1990). *Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion: Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau*. Campus-Verlag.
- Hirsch-Kreinsen, H., Ittermann, P., & Niehaus, J. (Hrsg.). (2018). *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*. (2. Aufl.). Nomos Verlagsgesellschaft.
- Hirsch-Kreinsen, H., & Karačić, A. (2018). *Logistikarbeit in der digitalen Wertschöpfung: Perspektiven und Herausforderungen für Arbeit durch technologische Erneuerungen* (Forschungsinstitut für

- gesellschaftliche Weiterentwicklung, Hrsg.). http://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user_upload/I40-Logistikband-web-komplett.pdf.
- Hoffmann, R., & Bogedan, C. (2015). *Arbeit der Zukunft: Möglichkeiten nutzen - Grenzen setzen*. Campus Verlag.
- Holler, M., Krüger, T., & Mußmann, F. (2014). Die Weiterentwicklung des DGB-Index Gute Arbeit. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 68(3), 163–174. <https://doi.org/10.1007/BF03374442>
- Holzkamp, K. (1993). *Lernen: Subjektwissenschaftliche Grundlegung*. Campus Verlag.
- Huchler, N. (2015). Die „Rolle des Menschen“ in der Industrie 4.0—Technikzentrierter vs. Humanzentrierter Ansatz. *AIS-Studien*, 9(1), 57–79. <https://doi.org/10.21241/ssoar.64826>
- Huchler, N. (2016). Die Grenzen der Digitalisierung. Neubestimmung der hybriden Handlungsträgerschaft zwischen Mensch und Technik und Implikationen für eine humane Technikgestaltung. *HMD-Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 53(1), 109–123. <https://doi.org/10.1365/s40702-015-0199-0>.
- Ittermann, P. (2015). Industrie 4.0 und Wandel von Industriearbeit Überblick über Forschungsstand und Trendbestimmungen. In *Digitalisierung industrieller Arbeit* (S. 32–53). Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. <https://doi.org/10.5771/9783845263205-32>.
- Ittermann, P., & Eisenmann, M. (2018). Digitalisierung von Einfacharbeit in der Produktion und Logistik. In H. Hirsch-Kreinsen, A. Karacic, & Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (Hrsg.), *Logistikarbeit in der digitalen Wertschöpfung. Perspektiven und Herausforderungen für die Arbeit durch technologische Erneuerung*. Eigenverlag. http://www.fgw-nrw.de/fileadmin/user_upload/I40-Logistikband-web-komplett.pdf.
- Ittermann, P., Niehaus, J., Hirsch-Kreinsen, H., & Dregger, J. (2016). *Social Manufacturing and Logistics. Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik* (Arbeitspapier Nr. 47; S. 61). Technische Universität Dortmund.
- Janssen, S., & Leber, U. (2015). *Weiterbildung in Deutschland: Engagement der Betriebe steigt weiter* (Nr. 13/2015; IAB-Kurzbericht, S. 7. IAB.
- Jürgens, K., Hoffmann, R., & Schildmann, C. (2017). *Arbeit transformieren! Denkanstöße der Kommission »Arbeit der Zukunft«* (1. Aufl., Bd. 189). Transcript Verlag. <https://doi.org/10.14361/9783839440520>.
- Kagermann, H. (2013). Innovation durch Vernetzung: Interview mit Henning Kagermann. *Zeitschrift für Politikberatung (ZPB) / Policy Advice and Political Consulting*, 6(1), 33–35.

- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*. Forschungsunion Wirtschaft - Wissenschaft; acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.
<https://www.acatech.de/publikation/umsetzungsempfehlungen-fuer-das-zukunftsprojekt-industrie-4-0-abschlussbericht-des-arbeitskreises-industrie-4-0/>.
- Käpplinger, B. (2010). *Weiterbildungsentscheidungen und Bildungscontrolling* (Impulse aus der Bildungsforschung für die Bildungspraxis; Nr. 117).
<https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/show/6251>.
- Kelle, U. (2007). Integration qualitativer und quantitativer Methoden. In U. Kuckartz, H. Grunenberg, & T. Dresing (Hrsg.), *Qualitative Datenanalyse: Computergestützt: Methodische Hintergründe und Beispiele aus der Forschungspraxis* (S. 50–64). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
https://doi.org/10.1007/978-3-531-90665-2_3.
- Kelle, U., & Kluge, S. (2010). *Vom Einzelfall zum Typus: Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung* (2.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kern, H., & Schumann, M. (1970). *Industriearbeit und Arbeiterbewußtsein: Eine empirische Untersuchung über den Einfluß der aktuellen technischen Entwicklung auf die industrielle Arbeit und das Arbeiterbewußtsein*. Europ. Verlagsanst.
- Kern, H., & Schumann, M. (1977). *Industriearbeit und Arbeiterbewußtsein Eine empirische Untersuchung über den Einfluß der aktuellen technischen Entwicklung auf die industrielle Arbeit und das Arbeiterbewußtsein*. Suhrkamp.
- Kern, H., & Schumann, M. (1984). *Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion. Bestandsaufnahme, Trendbestimmung*. C.H. Beck.
- Kinkel, S. (2008). *Arbeiten in der Zukunft: Strukturen und Trends der Industriearbeit* (Bd. 113). edition sigma.
- Kirchhöfer, D. (2004). *Lernkultur Kompetenzentwicklung. Begriffliche Grundlagen*. Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung (Berlin).
- Klammer, U., Steffes, S., Maier, M. F., Arnold, D., Stettes, O., Bellmann, L., & Hirsch-Kreinsen, H. (2017). Arbeiten 4.0—Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. *Wirtschaftsdienst, Zeitgespräch*, 97(7), 459–476. <https://doi.org/10.1007/s10273-017-2163-9>.
- Kleemann, F., Matuschek, I., & Voß, G. G. (1999). *Zur Subjektivierung von Arbeit* (Bde. 99–512). Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH.

- Kleinert, C., & Wölfel, O. (2018). Technologischer Wandel und Weiterbildungsteilnahme. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 47(1), 11–15.
- Klemm, M., & Liebold, R. (2017). Qualitative Interviews in der Organisationsforschung. In S. Liebig, W. Matiaske, & S. Rosenbohm (Hrsg.), *Handbuch Empirische Organisationsforschung* (S. 299–324). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-08493-6_13.
- Korge, A.; Schlund, S.; Marrenbach, D. (2016): Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg – Vorstudie, Bd. 2. Szenario-basierte Use-Cases und Zukunftsszenarien für den Maschinenbau, Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- Krzywdzinski, M. (2016). *Technologie, Qualifikationen und internationale Arbeitsteilung: Anmerkungen zu der Diskussion über Industrie 4.0* (WZB-Working Paper SP III 2016-301). <https://www.econstor.eu/handle/10419/148932>.
- Kuckartz, U. (2016). Transkriptionsregeln und Transkription. In *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. Aufl., S. 166–169).
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). Beltz Juventa.
- Kühl, S. (Hrsg.). (2002). *Methoden der Organisationsforschung: Ein Handbuch* (Orig.-Ausg.). Rowohlt.
- Kuhlmann, M. (2009). Beobachtungsinterview. In S. Kühl, P. Strodtholz, & A. Taffertshofer (Hrsg.), *Handbuch Methoden der Organisationsforschung: Quantitative und Qualitative Methoden* (S. 78–99). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91570-8_5.
- Kuhlmann, M. (2020, Januar 16). *Digitalisierung & Arbeit – eine Zwischenbilanz aus arbeitssoziologischer Sicht* [Konferenzvortrag]. Tagung „Zukunft der Arbeit – gute Arbeit und gutes Arbeitsleben im digitalen Zeitalter“, House of Labour, Frankfurt.
- Kuhlmann, M., Splett, B., & Wiegrefe, S. (2018). Montagearbeit 4.0? Eine Fallstudie zu Arbeitswirkungen und Gestaltungsperspektiven digitaler Werkerführung. *WSI-Mitteilungen*, 71(3), 182–188. <https://doi.org/DOI: 10.5771/0342-300X-2018-3>.
- Kurz, C. (2014, März 17). *Industrie 4.0—Innovatorisches Potenzial, Herausforderungen und Gestaltungsaufgaben aus Sicht der IG Metall*. [PowerPointPräsentation].
- Kutzner, E. (2018). Digitalisierung von Arbeit als „Baustelle“ einer geschlechterbezogenen Arbeitsforschung: Transformationsprozesse in der Büroarbeit. *AIS-Studien*, 11(2), 211–228.
- Kutzner, E., Schnier, V., & Kaun, L. (2019). Industrielle Einfacharbeit, Geschlecht und Digitalisierung: eine explorative Studie. (FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit, 15). Düsseldorf:

- Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V. (FGW). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ss0ar-68016-7>.
- Lamnek, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch. 5., überarb. Aufl.* (C. Krell, Hrsg.). Beltz.
- Lamnek, S., & Krell, C. (2016). *Qualitative Sozialforschung: Mit Online-Material* (6., überarbeitete Auflage). Beltz.
- Latniak, E., Kötter, W., & Roth, S. (2018). Konzepte soziotechnischer Gestaltung für arbeits- und prozessorientierte Digitalisierungsmaßnahmen – erste Befunde und Perspektiven. *GfA, Dortmund (Hrsg.): Frühjahrskongress 2018, Frankfurt a. M. Beitrag C.1.3 ARBEIT(s). WISSEN.SCHAF(f)T – Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung, 7.*
- Lee, H., & Pfeiffer, S. (2019). Zur Zukunft beruflich qualifizierter Facharbeit im Zeichen von Industrie 4.0. In R. Dobischat, B. Käßlinger, G. Molzberger, & D. Münk (Hrsg.), *Bildung 2.1 für Arbeit 4.0?* (Bd. 6, S. 161–181). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23373-0_9.
- Leuze, K., Maurice, J. von, & Blossfeld, H.-P. (2012). *Bildung und lebenslanges Lernen im Erwachsenenalter. Die Konzeption des Nationalen Bildungspanels.*
- Lipsmeier, A., Pätzold, G., & Busian, A. (Hrsg.). (2000). *Lernfeldorientierung in Theorie und Praxis.* Steiner.
- Matuschek, I. (2016). *Industrie 4.0, Arbeit 4.0 – Gesellschaft 4.0? Eine Literaturstudie.* Rosa-Luxemburg-Stiftung. https://www.rosalux.de/fileadmin/rls_uploads/pdfs/Studien/Studien_02-2016_Industrie_4.0.pdf.
- Matuschek, I., & Kleemann, F. (2019). *Konzertierte Verunsicherung angesichts Industrie 4.0 – Herausforderungen für die betriebliche Sozialpartnerschaft.* Industrielle Beziehungen. Zeitschrift für Arbeit, Organisation und Management, 26(2–2019), 189–206. <https://doi.org/10.3224/indbez.v26i2.05>.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11., aktual. und überarb. Aufl.). Beltz.
- Mayring, P., & Günther. (2003). *Einführung in die qualitative Sozialforschung* (5. Aufl.). Beltz-UTB.
- MacKenzie, D., & Wajcman, J. (Eds.). (1999). *The social shaping of technology* (2nd ed.). Open University Press.
- Menz, W. (2021). Arbeitsanalyse und Zeitdiagnose. Perspektiven einer subjektorientierten Arbeitssoziologie mit gesellschaftsdiagnostischem Anspruch. In N. Mayer-Ahuja & W. Menz

- (Hrsg.), *Arbeitssoziologie und Zeitdiagnose. IfS Working Paper #13. Perspektiven der Arbeitssoziologie 1* (S. 18–34). Institut für Sozialforschung.
- Menz, W. & Nies, S. (2018): *Ansprüche an Arbeit, Krisen der Legitimität und interessenpolitische Mobilisierung*. https://www.rosalux.de/fileadmin/rls_uploads/pdfs/sonst_publicationen/5-21_Onl-Publ-Ansprueche_an_Arbeit.pdf.
- Meuser, M., & Nagel, U. (2002). *ExpertInneninterviews*—Vielfach erprobt, wenig bedacht. In A. Bogner, B. Littig, & W. Menz (Hrsg.), *Das Experteninterview* (S. 71–93). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-93270-9_3.
- Meuser, M., Nagel, U. (2009). *Das Experteninterview*—konzeptionelle Grundlagen und methodische Anlage. In: Pickel, S., Pickel, G., Lauth, HJ., Jahn, D. (eds) *Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91826-6_23.
- Mumford, E. (2006). *The story of socio-technical design: Reflections on its successes, failures and potential*. *Information systems journal*, 16(4), 317–342.
- Nohl, A.-M. (2009). *Interview und dokumentarische Methode: Anleitungen für die Forschungspraxis* (3. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Offerhaus, J., Leschke, J., & Schömann, K. (2010). Soziale Ungleichheit im Zugang zu beruflicher Weiterbildung. In R. Becker (Hrsg.), *Bildung als Privileg. Erklärungen und Befunde zu den Ursachen der Bildungsungleichheit* (S. 345–375). VS Verl. für Sozialwissenschaften.
- Pardi, T., Krzywdzinski, M., & Lüthje, B. (2020). *Digital manufacturing revolutions as political projects and hypes. Evidences from the auto sector* (Working Paper Nr. 3; ILO Working Paper). International Labour Organisation (ILO). https://www.ilo.org/global/research/publications/working-papers/WCMS_742905/lang-en/index.htm.
- Pfeiffer, S. (2004). *Arbeitsvermögen: Ein Schlüssel zur Analyse (reflexiver) Informatisierung* (1. Aufl.). Springer Fachmedien.
- Pfeiffer, S. (2015a). *Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung* (ITA-Manuskript). <https://doi.org/10.1553/ITA-ms-15-03>.
- Pfeiffer, S. (2015b). Warum reden wir eigentlich über Industrie 4.0? Auf dem Weg zum digitalen Despotismus. *Mittelweg 36 Zeitschrift des Hamburger Instituts für Sozialforschung*, 24(6), 14–36.

- Pfeiffer, S. (2016). Bildung und Intra-logistik in der Industrie 4.0 – eine empirische Annäherung. *Arbeit*, 25(3–4), 195–215. <https://doi.org/10.1515/arbeit-2016-0036>.
- Pfeiffer, S.; Lee, H.; Zirnic, C.; Suphan, A. (2016a): Industrie 4.0. Qualifizierung 2025, Frankfurt am Main: VDMA.
- Pfeiffer, S.; Schlund, S.; Suphan, A.; Korge, A. (2016b): Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg – Studie, Bd. 1. Zusammenführung zentraler Ergebnisse für den Maschinenbau, Stuttgart: Fraunhofer IAO/Universität Stuttgart.
- Pfeiffer, S. (2017). Industrie 4.0 in the Making – Discourse Patterns and the Rise of Digital Despotism. In K. Briken, S. Chillias, M. Krzywdzinski, & A. Marks (Hrsg.), *The New Digital Workplace* (S. 21–41). Macmillan Education UK. https://doi.org/10.1057/978-1-137-61014-0_2.
- Pfeiffer, S., & Huchler, N. (2018). Industrie 4.0 konkret - Vom Leitbild zur Praxis? *WSI-Mitteilungen*, 3(2018), 167–173.
- Pfeiffer, S., & Suphan, A. (2015). Erfahrung oder Routine? Ein anderer Blick auf das Verhältnis von Industrie 4.0 und Beschäftigung. *BWP-Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 44(6), 21–25.
- Pfeiffer, S., & Suphan, A. (2018). Industrie 4.0 und Erfahrung. Das Gestaltungspotenzial der Beschäftigten anerkennen und nutzen. In H. Hirsch-Kreinsen, P. Ittermann, & J. Niehaus (Hrsg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*. (S. 205–230). Nomos Verlagsgesellschaft.
- Pflüger, J., Pongratz, H. J., & Trinczek, R. (2010a). Fallstudien in der deutschen Arbeits- und Industriesoziologie. Eine Bestandsaufnahme. In *Industriesoziologische Fallstudien* (S. 22–71). Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. <https://doi.org/10.5771/9783845268996-22>.
- Pflüger, J., Pongratz, H., & Trinczek, R. (2010b). Methodische Herausforderungen arbeits- und industriesoziologischer Fallstudienforschung. *Sozialwissenschaftlicher Fachinformationsdienst soFid, Industrie-und Betriebssoziologie 2010/2*, 9–18.
- Picot, A., & Neuburger, R. (2008). Arbeitsstrukturen in virtuellen Organisationen. In C. Funken & I. Schulz-Schaeffer (Hrsg.), *Digitalisierung der Arbeitswelt: Zur Neuordnung formaler und informeller Prozesse in Unternehmen* (S. 221–238). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91098-7_9.
- Picot, G. (2013). *Politics of segmentation: Party competition and social protection in Europe*. Routledge.
- Pongratz, H. J., & Trinczek, R. (2010). *Industriesoziologische Fallstudien: Entwicklungspotenziale einer Forschungsstrategie*. edition sigma.

- Popitz, H., Bahrndt, H. P., Jüres, E. A., & Kesting, H. (2018). *Das Gesellschaftsbild des Arbeiters: Soziologische Untersuchungen in der Hüttenindustrie* (J. Dreher, Hrsg.). Springer VS.
- Popitz, H., Bahrndt, H. P., Jüres, E., & Kesting, H. (1957). *Technik und Industriearbeit: Soziologische Untersuchungen in der Hüttenindustrie*. Mohr.
- Prior, L. (2008). Repositioning Documents in Social Research. *Sociology*, *42*(5), 821–836.
<https://doi.org/10.1177/0038038508094564>.
- Raffetseder, E.-M., Schaupp, S., & Staab, P. (2017). Kybernetik und Kontrolle: Algorithmische Arbeitssteuerung und betriebliche Herrschaft. *PROKLA. Zeitschrift für kritische Sozialwissenschaft*, *47*(187), 229–248. <https://doi.org/10.32387/prokla.v47i187.143>.
- Rammert, W. (2016). Soziotechnische Revolution: Sozialstruktureller Wandel und Strategien der Technisierung. Analytische Perspektiven einer Soziologie der Technik. In R. Jokisch (Hrsg.), *Techniksoziologie* (2. Aufl., S. 32–81). Suhrkamp Verlag.
- Rauschenbach, T., & Otto, H.-U. (2008). Die neue Bildungsdebatte. In H.-U. Otto & T. Rauschenbach (Hrsg.), *Die andere Seite der Bildung: Zum Verhältnis von formellen und informellen Bildungsprozessen* (S. 9–29). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
https://doi.org/10.1007/978-3-531-90972-1_1.
- Rifkin, J. (2004). *Das Ende der Arbeit und ihre Zukunft: Neue Konzepte für das 21. Jahrhundert*. Campus Verlag.
- Rifkin, J. (2013). *Third Industrial Revolution*. Griffin.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*. The Boston Consulting Group.
- Saar, E., & Räis, M. L. (2017). Participation in job-related training in European countries: The impact of skill supply and demand characteristics. *Journal of Education and Work*, *30*(5), 531–551.
<https://doi.org/10.1080/13639080.2016.1243229>.
- Samtleben, S. & Rose D. (2019). *Die kleinen Helfer in der Produktion – ein Assistenzsystem wird konzipiert*. Digitalisierung der Produktionsarbeit. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27703-1_12.
- Schlick, J., Stephan, P., Loskyll, M., & Lappe, D. (2014). *Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung*. In T. Bauernhansl, M. ten Hompel, & B. Vogel-Heuser (Hrsg.), *Industrie 4.0 in Produktion*,

- Automatisierung und Logistik: Anwendung · Technologien · Migration (S. 57–84). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8_3.
- Schmucker, R. (2020). *Von Decent Work zu Guter Arbeit*. Zur Bedeutung arbeitspolitischer Leitbilder. sozialpolitik.ch, 2020(2), Article 2.2. <https://doi.org/10.18753/2297-8224-157>.
- Schmucker, R., & Wagner, A. (2015). Gute Arbeit gestalten: Mitarbeiterbefragungen mit dem DGB-Index Gute Arbeit. *Betriebliche Praxis*, 39–41.
- Schröder, L., & Urban, H.-J. (Hrsg.). (2016). *Digitale Arbeitswelt: Trends und Anforderungen*. Bund-Verlag GmbH.
- Schröder, T., & Dehnbostel. (2021). The workplace as a place of learning in times of digital transformation – models of work-related and work-based learning and in-company concepts. *TVET@Asia*, 17, 1–15.
- Schulz-Schaeffer, I., & Rammert, W. (2019). Technik, Handeln und Praxis. Das Konzept graduализierten Handelns revisited. In C. Schubert & I. Schulz-Schaeffer (Hrsg.), *Berliner Schlüssel zur Techniksoziologie* (S. 41–76). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22257-4_3.
- Sendler, U. (2013). Industrie 4.0– Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM (Systems Lifecycle Management). In U. Sendler (Hrsg.), *Industrie 4.0: Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM* (S. 1–19). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36917-9_1.
- Seyrkammer, S. (2015). *Wearable computing technology: Potenzielle Einsatzmöglichkeiten in der Industrie*. Diplomica Verlag GmbH.
- Spath, D., & Ganschar, O. (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0: Studie* (Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Hrsg.). Fraunhofer-Verl.
- Staab, P., & Prediger, L. J. (2019). *Digitalisierung und Polarisierung: Eine Literaturstudie zu den Auswirkungen des digitalen Wandels auf Sozialstruktur und Betriebe* (FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit, 19). Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V. (FGW). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ss0ar-68020-2>.
- Tangian, A. S. (2005). *Ein zusammengesetzter Indikator der Arbeitsbedingungen in der EU-15 für Politik-Monitoring und analytische Zwecke* (Working Paper Nr. 135D). WSI-Diskussionspapier. <https://www.econstor.eu/handle/10419/50551>.
- Trist, E. L. (1981). *The evolution of socio-technical systems* (Bd. 2). Ontario Quality of Working Life Centre Toronto.

- Trist, E. L., & Bamforth, K. W. (1951). Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal-Getting: An Examination of the Psychological Situation and Defences of a Work Group in Relation to the Social Structure and Technological Content of the Work System. *Human Relations*, 4(1), 3–38. <https://doi.org/10.1177/001872675100400101>.
- Ulich, E. (2013). Arbeitssysteme als Soziotechnische Systeme—Eine Erinnerung. *Journal Psychologie des Alltagshandelns / Psychology of Everyday Activity*, Vol. 6 / No. 1, 9.
- Urban, H.-J. (2015). Gute Arbeit—Ansprüche an ein arbeitspolitisches Konzept. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 69(4), 239–240.
- Urban, H.-J., & Gerst, D. (2015). Gute Arbeit—Ansprüche an ein arbeitspolitisches Konzept. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 69(4), 239–240. <https://doi.org/10.1007/BF03395986>.
- van Deursen, A., & van Dijk, J. (2011). Internet skills and the digital divide. *New Media & Society*, 13(6), 893–911. <https://doi.org/10.1177/1461444810386774>.
- van Dijk, J. (2005). *The deepening divide: Inequality in the information society*. Sage Pub.
- Vogl, S. (2019). Gruppendiskussion. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 695–700). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_46.
- Walker, E.-M. (2017). Subjektive Aneignungspraktiken digitaler Technologien und die zugrunde liegenden Gerechtigkeitsansprüche der Beschäftigten. *Arbeit*, 26(3–4), 315–342. <https://doi.org/10.1515/arbeit-2017-0021>.
- Warnhoff, K., & de Paiva Lareiro, P. (2019). *Skill Development on the Shop Floor - Heading to a Digital Divide?* In Proceedings of the Weizenbaum Conference 2019 "Challenges of Digital Inequality - Digital Education, Digital Work, Digital Life" (pp. 1-10). Berlin <https://doi.org/10.34669/wi.cp/2.23>.
- Wienzek, T., & Virgillito, A. (2018). *Leise Innovation, nicht radikaler Umbruch*. Die Einführung einer Industrie-4.0-Lösung bei einem Möbelhersteller – ein Fallbeispiel. *WSI-Mitteilungen*, 71(3), 204–210. <https://doi.org/10.5771/0342-300X-2018-3-204>.
- Williams, M. (2002). *Generalization in interpretative Research*. In: *Qualitative Research in Action* (S. 125–143). Sage.
- Windelband, L. (2014). *Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“*. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 2(2), 138–160.

- Windelband, L., & Dworschak, B. (2015). *Veränderungen in der industriellen Produktion*. Notwendige Kompetenzen auf dem Weg vom Internet zu Industrie 4.0. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 44(6), 26–29.
- Windelband, L., & Dworschak, B. (2018). *Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0 Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik*. In H. Hirsch-Kreinsen, P. Ittermann, & J. Niehaus (Hrsg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit* (S. 72–87). Nomos.
- Windelband, L., Fenzl, C., Hunecker, F., Riehle, T., Spöttl, G., Staedtler, H., Hribernik, K., & Thoben, K.-D. (2011). *Zukünftige Qualifikationsanforderungen durch das „Internet der Dinge“ in der Logistik* (S. 5–9).
- Windelband, L., & Spöttl, G. (2012). *Diffusion von Technologien in die Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des „Internet der Dinge“*. In U. Faßhauer, B. Fürstenau, & E. Wuttke (Hrsg.), *Berufs- und wirtschaftspädagogische Analysen* (1. Aufl., S. 205–220). Verlag Barbara Budrich. <https://www.jstor.org/stable/j.ctvbj7k1r.19>.
- Wotschack, P. (2016). *Die Weiterbildung von An- und Ungelernten funktioniert—Wenn die betrieblichen Voraussetzungen stimmen*. *Berufsbildung*. Zeitschrift für Praxis und Theorie in Betrieb und Schule, Jg. 70 (Heft 161), 20–22.
- Wotschack, P. (2017). *Unter welchen Bedingungen bilden Betriebe an- und ungelernete Beschäftigte weiter?* Eine institutionentheoretische Untersuchung auf Basis von Daten des IAB-Betriebspanels. *Zeitschrift für Soziologie*, 46 (5), 362–380. <https://doi.org/10.1515/zfsoz-2017-1020>.
- Wotschack, P., & Solga, H. (2014). *Betriebliche Weiterbildung für benachteiligte Gruppen*. Förderliche Bedingungskonstellationen aus institutionentheoretischer Sicht. *Berliner Journal für Soziologie*, 24(3), 367–395. <https://doi.org/10.1007/s11609-014-0254-7>.
- Yin, R. K. (2005). *Case Study Research: Design and Methods* (3. Aufl.). Sage.
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research Design and Methods* (5. Aufl.). Sage.
- Zeller B. & Achternhagen, C., Föst, S. (2010). *Internet der Dinge in der industriellen Produktion*. Studie zu künftigen Qualifikationserfordernissen auf Fachkräfteebene. Abschlussbericht fbb.
- Zech, R. (2019). *Gute Arbeit in einer gerechten Gesellschaft*. In: R. Zech (Hrsg.), *Qualitätsmanagement und gute Arbeit: Grundlagen einer gelingenden Qualitätsentwicklung für Einsteiger und Skeptiker* (S. 27–32). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23601-4_4.
- Zuboff, S. (1988). *In The Age Of The Smart Machine: The Future Of Work And Power*. Basic Books.

ONLINEQUELLEN

- Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0; Frankfurt/Main 2013 (Zugriff: 29.11.2021).
- Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Online: http://www.forschungsunion.de/pdf/industrie_4_0_abschlussbericht.pdf (Zugriff: 21. August 2018).
- Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.: Smart Maintenance für Smart Factories. Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben. Acatech-Positionspapier, Oktober 2015. München. (Zugriff: 29.11.2021).
- BIBB – Datenblatt Industriemechaniker/- in (Monoberuf IH). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung. <https://www2.bibb.de/bibbtools/de/ssl/1865.php> (Zugriff 13.November 2020).
- BIBB – Datenblatt Zerspanungsmechaniker/- in (Monoberuf IH). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung. Online: <https://www2.bibb.de/bibbtools/de/ssl/1865.php> (Zugriff 13.November 2020).
- BIBB – Datenblatt Fachinformatiker/-in (IH). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung. Online: <https://www2.bibb.de/bibbtools/de/ssl/1865.php>; (Zugriff 13.November 2020).
- BIBB – Datenblatt Produktionstechnologe/-in (IH). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung. Online: <https://www2.bibb.de/bibbtools/de/ssl/1865.php>; <https://www2.bibb.de/bibbtools/de/ssl/1865.php> (Zugriff 13.November 2020).
- BITKOM – Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Fraunhofer-Gesellschaft IAO, Berlin: BITKOM. (Zugriff: 29.11.2021).
- BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Grünbuch Arbeiten 4.0 – Arbeit weiterdenken. Online: www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/A872-gruenbuch-arbeitenvier-null (Zugriff: 10.08.2018).
- BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Weissbuch. Arbeiten 4.0. BMAS, 2017.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). (2004). Finanzierung lebenslangen Lernens: Der Weg in die Zukunft. Die wichtigsten Ergebnisse der Expertenkommission (S. 6).
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Berufsbildungsbericht 2015*. https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/3/31027_Berufsbildungsbericht_2015.pdf

- [5.pdf?sessionid=D6E4FDD7E1E40073763F57C11D8C816F.live091?__blob=publicationFile&v=3](https://www.bmbf.de/pub/Berufsbildungsbericht_2015.pdf) (Zugriff 10.08.2018).
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Nationale Weiterbildungsstrategie*.
https://www.bmbf.de/bmbf/de/bildung/weiterbildung/nationale-weiterbildungsstrategie/nationale-weiterbildungsstrategie_node.html
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Zukunftsbild Industrie 4.0*. (2013).
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Berufsbildungsbericht*. Bonn, 2015. Online:
https://www.bmbf.de/pub/Berufsbildungsbericht_2015.pdf (Zugriff: 29.11.2021).
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Bildung in Deutschland 2020*. Indikatoren gestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt. (Zugriff: 29.11.2021).
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: *Plattform Industrie 4.0*. Online:
<https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Home/home.html> (Zugriff: 1.05.2016).
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: *Memorandum der Plattform Industrie 4.0*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015).
https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/memorandum-plattform-industrie-4-0.pdf?__blob=publicationFile&v=13 (Zugriff: 1.05.2016).
- DGB – Deutscher Gewerkschaftsbund: *DGB-Index*. <https://index-gute-arbeit.dgb.de/dgb-index-gute-arbeit/wie-funktioniert-der-index> (29.11.2022)
- DQR – *Deutscher Qualifikationsrahmen*. <https://www.dqr.de/> (Zugriff: 6.07.2022)
- Gesamtverband Metall, Branchendaten: <https://www.gesamtmetall.de/branche/me-zahlen> und
https://www.gesamtmetall.de/sites/default/files/epaper/epaper-Zahlenheft_2020/index.html#8
(Zugriff 26.05.2022).
- Friedrich-Ebert-Stiftung & Hans-Böckler-Stiftung (2005): *Finanzierung der beruflichen Weiterbildung*. Friedrich-Ebert-Stiftung. <https://library.fes.de/pdf-files/asfo/02951.pdf>. (Zugriff: 30.11.2022).
- Friedrich-Ebert-Stiftung (2022): Morten Lassen, Martin Ehlert, Ari-Matti Näätänen, Anna Hagen Tønder: *Division for Analysis, Planning and Consulting, 2022*. - (FES diskurs) Electronic ed.: Bonn <https://library.fes.de/pdf-files/a-p-b/19248.pdf>. (Zugriff: 30.11.2022).
- IAB – Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung: *Pressekonferenz ‚Betriebliche Weiterbildung‘*.
http://www.iab.de/UserFiles/File/downloads/presse/Daten_PK_2203.pdf. (Zugriff: 29.11.2021).

- ILO – International Labour Organization: *Decent Work* Online:
<https://www.ilo.org/global/topics/decent-work/lang--en/index.htm>. (Zugriff: 29.11.2021).
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2022): *Handlungsfelder Lebenslanges Lernen*. Education Policy Outlook 2022. Transforming Pathways for Lifelong Learners, OECD-Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/c77c7a97-en>. (Zugriff: 1.12.2022).
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2021). *Future-Proofing Adult Learning in London, United Kingdom*. OECD. <https://doi.org/10.1787/c546014a-en>.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2015). Non-standard work, job polarisation and inequality. In OECD, *In It Together: Why Less Inequality Benefits All* (S. 135–208). OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264235120-7-en>.
- Plattform Industrie 4.0. (2015). *Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0*. BITKOM e.V.; VDMA e.V.; ZVEI e.V. <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/umsetzungsstrategie-2015.html> (Zugriff: 1.12.2022).
- Rohrbach-Schmidt, D. & A. Hall, 2013: BIBB/BAuA – *Erwerbstätigenbefragung 2012*. Version 3.0 https://www.bibb.de/dienst/dapro/daprodocs/pdf/eb_21304.pdf (Zugriff: 29.11.2021).
- Statista (2014): Investitionen in Industrie 4.0 in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/372846/umfrage/investition-in-industrie-40-in-deutschland/> (Zugriff: 3.07.2022).
- Statista (2017/2018): *Verteilung der beliebtesten Studiengänge nach Geschlecht*. <https://de.statista.com/infografik/9140/beliebteste-studiengaenge-in-deutschland/> (Zugriff: 3.07.2022).
- Ver.di – Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft; Bereich Innovation und Gute Arbeit: *Gute Arbeit und Digitalisierung*. Prozessanalysen und Gestaltungsperspektiven für eine humane digitale Arbeitswelt (2015). <https://innovation-gute-arbeit.verdi.de/++file++55f7f2f0bdf98d53c2000126/download/GuteArbeitUndDigitalisierung.pdf> (Zugriff: 3.07.2022)
- WBV-Ländermonitor berufliche Bildung 2017: <https://www.wbv.de/pdf/6004606aw> (Zugriff: 3.07.2021).

8 ANHANG I: DOKUMENTATION DER STUDIE

8.1 Forschungsplan: Übersicht über die vier Studienabschnitte

Die Studie war nach Erkenntnisinteresse in vier größere Abschnitte inhaltlich und zeitlich aufgeteilt. In den einzelnen Studienabschnitten kamen teilweise andere Erhebungs- und Auswertungsmethoden zum Einsatz. Die folgende Abbildung veranschaulicht den Untersuchungsprozess der vorliegenden Studie.

Studienabschnitt und Erkenntnisziel	Erhebung	Auswertung
Erster Studienabschnitt 2017-2018 <i>Exploration des Forschungsfeldes und Feldzugang</i>	Dokumentenanalyse zu Industrie 4.0 und Branchendaten; öffentlich zugängliche Dokumente Explorative Werksbegehungen, Interviews mit Experten und Beobachtungsinterviews an Arbeitsplätzen in Betrieben M+E Industrie	Qualitative Inhaltsanalyse Materialgeleitete Kodierung
Zweiter Studienabschnitt 2018-2019 <i>Vertiefung im Forschungsfeld</i>	Intensivfallstudie in einem Industriebetrieb der Elektrobranche mit leitfadengestützten Interviews Betriebsinterne Experteninterviews am Standort der Intensivfallstudie (Projektleitung Technologie, Aus- und Weiterbildung usw.) Betriebsübergreifende Experteninterviews mit Betriebsräten anderer Unternehmen	Qualitative Inhaltsanalyse der Transkripte Dokumentarische Methode Materialgeleitete Kodierung
Dritter Studienabschnitt 2019-2021 <i>Validierung</i>	Gruppendiskussionen im Betrieb der Elektrobranche mit Interessensvertretungen, Führungskräften und Beschäftigten und Gruppendiskussionen in ergänzenden Betrieben mit Expert*innen, Interessensvertretungen und Werkleitungen; Gruppendiskussionen mit betrieblichen und wissenschaftlichen Vertreter*innen	Qualitative Inhaltsanalyse Materialgeleitete Kodierung
Vierter Studienabschnitt 2020-2021 <i>Kontextualisierung</i>	Dokumentenanalyse betriebsinterner Dokumente aus vier Industriebetrieben	Qualitative Inhaltsanalyse Materialgeleitete Kodierung

Abbildung 11: Übersicht über den gesamten Forschungsprozess (2017-2021)

8.2 Statistiken zum Sample: Verteilung der Befragten nach Merkmalen

Zum Sample der vertieften Betriebsfallstudie gehörten insgesamt 50 Personen. Einige von ihnen (15) wurden im Verlauf der Studie mehrfach befragt (festes Sample). Andere (35) wurden einmalig befragt (variables Sample). Die Befragten unterschieden sich hinsichtlich der Merkmale Alter, Geschlecht und Status im Betrieb. Die folgenden Grafiken veranschaulichen die prozentualen Verteilungen der Befragten dieser Studie.

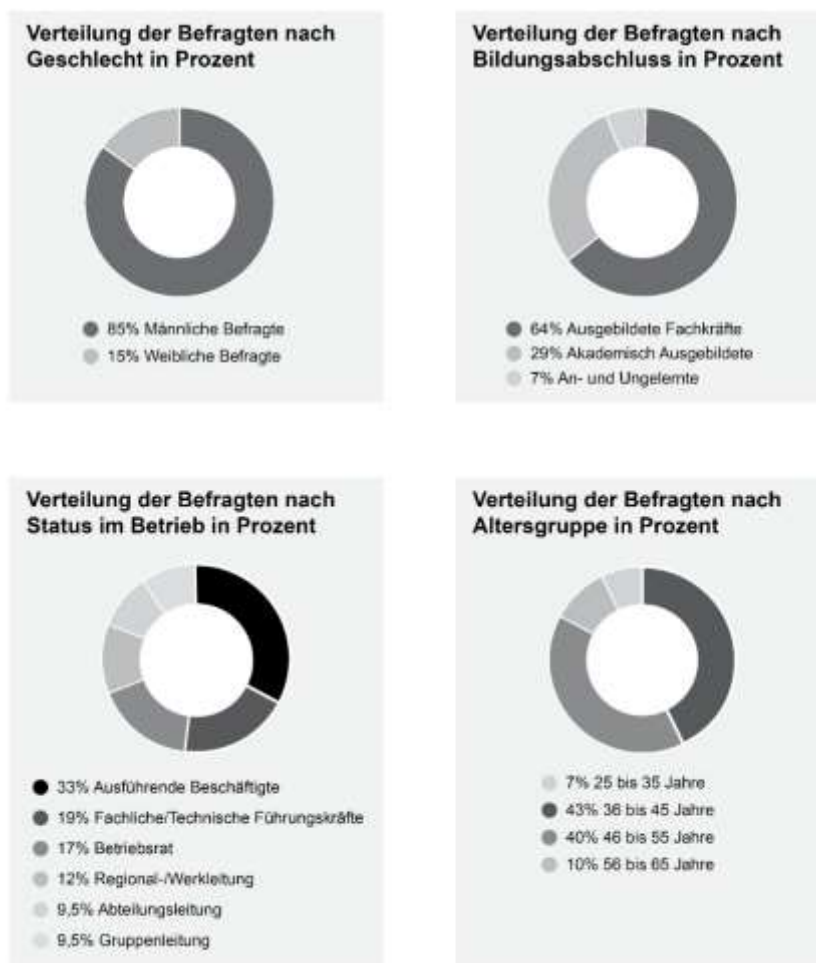


Abbildung 12: Verteilung der Befragten (N=50) in Prozent

8.2.1 Daten und Dokumentation im ersten Forschungsabschnitt: Exploration

Im ersten Studienabschnitt (F1) ging es im Zeitraum 2017-2018 um die Exploration des Forschungsfeldes und Feldzugang. In diesem Rahmen wurden Dokumente aus explorativen Werksbesichtigungen (10), explorativen Interviews mit Werksleitungen (10) und explorativen Interviews mit Expert*innen (12) erstellt. Außerdem wurden explorative Interviews mit Beschäftigten aus unterschiedlichen Funktionsbereichen durchgeführt (15), die in Protokollen dokumentiert sind. Die folgende Abbildung zeigt, wie sich dies auf die vier untersuchten Betriebe verteilt.

	Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C	Betrieb D	Weitere	Gesamt
Explorative Werksbegehungen	3	3	1	1	2	10
Explorative Interviews mit Betriebsräten und Werksleitungen	3	3	1	1	2	10
Explorative Interviews mit Expert*innen	2	2	4	2	2	12
Explorative Beobachtungen						
Montage	3		3			6
Bestückung	3					3
Logistik	3					3
Instandhaltung	3					3
Gesamt	20	8	9	4	6	47

Abbildung 13: Übersicht über die Datenbasis im ersten Forschungsabschnitt

Ein Teil der Exploration bezog sich auf Arbeitsplatzbeobachtungen mit einer Dauer von zwei bis vier Stunden (Gläser & Laudel 2010; Meyn et al. 2011). Die Beobachtungen enthielten auch Befragungsteile am Ende der Beobachtungen. In der Literatur ist daher auch von Beobachtungsinterviews die Rede (Kuhlmann, 2009). Leitende Fragen für die explorative Erkundung der Arbeitsplätze und Arbeitsbedingungen der Beschäftigten waren:

Arbeitsort

- Wie sieht ein typischer Arbeitsplatz in der Abteilung xy aus?
- In welcher Lage befindet sich der Arbeitsort/Arbeitsplatz?
- Welche Bereiche entziehen sich der Einsichtnahme (informeller Hinterraum)?
- Welche Arbeitsmittel stehen den Beschäftigten zur Verfügung?
- Welche Technologien werden wofür eingesetzt und welche kommen neu hinzu?

Aufgaben und Handlungsanalyse

- Wie sieht ein typischer Arbeitstag aus und was sind tägliche Aufgaben?
 - Mit welchen Verben beschreiben Beschäftigte ihre Tätigkeiten?
 - Produktive Arbeit: bedienen, steuern, schalten, usw.
 - Produktionsnahe Dienstleistungsarbeit: Maschinen einrichten, warten und reinigen, reparieren, transportieren
 - Kommunikationsarbeit: Informieren, planen und kommunizieren usw.
 - Führungsarbeit: Entscheidungen anordnen, anweisen, kontrollieren usw.
-
- Wie ist die Arbeit organisiert und welche Formen der Zusammenarbeit gibt es?
 - Welches sind die Hauptaufgaben und die Nebenaufgaben?
 - Gibt es Aufgaben, die vorgezogen werden oder später ausgeführt werden?

- Wir wirken sich Fehler oder Störungen auf die Teilaufgaben aus?
- Wie agieren die Beschäftigten auf die veränderten Bedingungen im Arbeitsprozess?
- Sind es flüssige Handlungssequenzen?
- Gibt es Unsicherheiten oder Ängste?
- Wie sind die Zeiteinheiten in der Arbeit definiert?

Die Dokumentation der Beobachtungen erfolgte mit vorab gerasterten Protokollen, die im Folgenden beispielhaft dargestellt sind.















Thematischer Fokus	Leitfaden für explorative Interviews und Beobachtungen (F1)	Leitfaden für explorative Interviews (F1)
<i>Technik und Digitalisierung</i>	 Leitfaden für explorative Beobachtu	 Leitfragen für explorative Interviews
<i>Aus- und Weiterbildung</i>	 Leitfaden für explorative Beobachtu	 Leitfaden für explorative Interviews
<i>Lean- und Change-Management</i>	 Leitfaden für explorative Beobachtu	 Leitfaden für explorative Interviews
<i>Werksleitung</i>	 Leitfaden für explorative Beobachtu	 Leitfaden für explorative Interviews
<i>Betriebsratsarbeit</i>	 Leitfaden für explorative Beobachtu	 Leitfaden für explorative Interviews
<i>Führungskräfte</i>	 Leitfaden für explorative Beobachtu	 Leitfaden für explorative Interviews
<i>Beschäftigte der Funktionsbereiche</i>	 Leitfaden für explorative Beobachtu	 Leitfaden für explorative Beobachtu

Abbildung 14: Übersicht über die Dokumentation im ersten Forschungsabschnitt

8.2.2 Daten und Dokumentation im zweiten Forschungsabschnitt: Vertiefung

Im zweiten Studienabschnitt wurden allein 97 qualitative Interviews zur Vertiefung durchgeführt. Der Fokus lag auf der Einführung neuer Technologien im Kontext von Industrie 4.0 und den möglichen Qualifikationsanforderungen bei unterschiedlichen Beschäftigtengruppen. Die Vertiefung

erfolgte zu verschiedenen Zeitpunkten mit verschiedenen Beschäftigtengruppen. Die folgende Übersicht veranschaulicht die Aufteilung der Interviews im zweiten Studienabschnitt.

Forschungszeitraum ⁴⁵							
		Zeit- punkt 2	Zeit- punkt 3	Zeit- punkt 4	Zeit- punkt 5	Zeit- punkt 6	Gesamt
		04/2018 bis 06/2018	07/2018 bis 09/2018	10/2018 bis 12/2018	01/2019 bis 06/2019	07/2019 bis 07/2021	
Werkleitung		1		1		1	3
Betriebsrat		2	1	1	2	2	8
Expert*innen							
	Lean- und Change Mgm.		1	1	1	1	4
	Aus- und Weiterbildung	2	2	1	1	2	8
	Technik und Digitalisierung		1	1	1	1	4
Beschäftigte							
	Montage	3	3	3	3	3	15
	Bestückung	3	3	3	3	3	15
	Logistik	3	3	3	3	3	15
	Instandhaltung	3	3	3	3	4	16
Betrieb A Gesamt		17	17	17	17	20	88
Ergänzungsstudien							
Werk- und Regional- leitung						1	1
Experte* Technologie						1	1
Betriebsrat*						1	1
Beschäftigte Außenmontage					2	2	4
Betriebsrat						1	1
Werkleitung und Betriebsrat						1	1
Interviews in Ergänzungsstudien						7	9
Summe aller Interviews		16	17	17	19	26	97

Abbildung 15: Übersicht über die Datenbasis im zweiten Studienabschnitt

Die Vertiefung bezog sich auf teilstrukturierte Interviews mit verschiedenen Beschäftigtengruppen mit einer Dauer von 45 bis 90 min (Gläser und Laudel 2010). Die Interviews wurden leitfadengestützt durchgeführt. Die ersten Leitfäden wurden aus dem skizzierten Forschungsstand (Kapitel 2) abgeleitet.

⁴⁵ Anmerkung: Die Bezeichnung F1- bis F6 bezieht sich auf den jeweiligen Zeitraum der Datenerhebung.

Nach explorativen Erhebungen und den Zwischenauswertungen wurden die Leitfäden an den aktuellen Kenntnisstand angepasst und unterscheiden sich deshalb nach der befragten Gruppe und nach dem Befragungszeitpunkt. Die Leitfäden der Interviews sind im Folgenden beispielhaft dargestellt.


















	Leitfaden für vertiefende Interviews (F2-F4)	Leitfaden für vertiefende Interviews (F5-F6)
	FOKUS: M-T-O und QUALIFIZIERUNG	FOKUS: M-T-O und GUTE ARBEIT
Technik und Digitalisierung	 Leitfaden für Interviews mit Expert* ^s	 Leitfaden für vertiefende Interviews
Aus- und Weiterbildung	 Leitfaden für vertiefende Interviews	 Leitfaden für vertiefende Interviews
Lean- und Change-Management	 Leitfaden für vertiefende Interviews	 Leitfaden für vertiefende Interviews
Werksleitung	 Leitfaden für vertiefenden Interviews	 Leitfaden für vertiefende Interviews
Betriebsratsvorsitz	 Leitfaden für vertiefende Interviews	 Leitfaden für vertiefende Interviews
Führungskräfte	 Leitfaden für vertiefende Interviews	 Leitfaden für vertiefende Interviews
Beschäftigte der Funktionsbereiche	 Leitfaden für vertiefende Interviews	 Leitfaden für vertiefende Interviews



Abbildung 16: Übersicht über die Dokumentation im ersten Forschungsabschnitt

Die Leitfäden wurden anhand einer literaturbasierten Checkliste angefertigt (Helfferich 2019). Demnach sollte der Aufbau so offen und flexibel wie möglich und so strukturiert wie nötig sein (ebd. 181) Der Leitfaden sollte maximal vier größere Frageblöcke mit zugeordneten Unterfragen enthalten. Der Leitfaden sollte weiterhin genügend Spielraum für eigene Schwerpunktsetzungen der Befragten lassen und die Möglichkeit bieten, dass die Befragten das Interview bilanzieren können. Der Leitfaden sollte keine Faktenfragen enthalten, diese können ggf. anderweitig erhoben werden. Der Forschungsgegenstand sollte möglichst nah an der Realität der Beschäftigten liegen, erzählgenerierende Einstiegsfragen enthalten und situatives Nachfragen ermöglichen, um den Gesprächsfluss aufrecht zu erhalten.

8.2.3 Daten und Dokumentation im dritten Forschungsabschnitt: Validierung

Im zweiten Studienabschnitt wurden insgesamt 13 Gruppendiskussion zur Validierung der Ergebnisse durchgeführt, die sich im Hinblick auf die Gruppengröße und die Gruppenzusammensetzung sowie im Hinblick auf den Formalisierungsgrad und den Detaillierungsgrad unterschieden. In der folgenden Abbildung sind die Merkmale der Gruppendiskussionen tabellarisch veranschaulicht. Exemplarisch sind Leitfäden und Ablaufpläne beigefügt.

3a) Gruppendiskussionen im Betrieb A					
G	Gruppen- diskussion/Formate	Heterogenität der Gruppe (Adressaten)	Gruppen- größe	Dauer	Grad der Formalisierung
1	Workshop mit Beschäftigten (2/2018) Format: Kick-off Meeting	Beschäftigte (10) Führungskräfte (3) Interessenvertretung (1) Wissenschaft (2)	16 TN	3 Std.	Hochgradig strukturiert, formalisiert  Leitfaden für Gruppendiskussion m
2	Workshop mit Experten (6/2018) Format: Diskussionskreis	Führungskräfte (4) Interessenvertretung (1) Wissenschaft (1)	6 TN	2 Std.	Mittlerer Grad an strukturierten formalisierten Teilen  Leitfaden für Gruppendiskussion m
3	Workshop mit Beschäftigten (10/2018) Format: Reflexion als kollektiver Lernprozess	Beschäftigte (15) Führungskräfte (3) Interessenvertretung (1) Wissenschaft (3)	22 TN	6 Std.	Hochgradig strukturiert und formalisiert
4	Diskussion mit Experten (1/2019) Format: Lernen von anderen	Fach- und Führungskräfte (5) Interessensvertretung (2) Wissenschaft (5)	12 TN	5 Std.	Mittlerer Grad an strukturierten formalisierten Teilen  Leitfaden für Gruppendiskussion
5	Diskussion mit Experten 5/2019 Format: Lernen von anderen	Fach- und Führungskräfte (5) Interessensvertretung (2) Wissenschaft (3)	10 TN	5 Std.	Mittlerer Grad an strukturierten formalisierten Teilen

6	Diskussion mit Interessensvertretung (1/2020) Format: offenes Gespräch	Interessenvertretung (2) Wissenschaft (1)	3 TN	3 Std.	Wenig strukturiert und formalisiert
7	Workshop (10/2020) Format: Ergebnispräsentation und Diskussion	Beschäftigte (11) Führungskräfte (4) Interessenvertretung (1) Wissenschaft (2)	18 TN	3 Std.	Hochgradig strukturiert und formalisiert
Weitere Gruppendiskussionen					
G	Gruppendiskussion/Formate	Heterogenität der Gruppe (Adressaten)	Gruppengröße	Dauer	Grad der Formalisierung
8	Expertendiskussion in Betrieb B (11/2017)	Führungskräfte (3) Interessenvertretung (3) Wissenschaft (3) Politische Vertretung (1) Moderation	10 TN	3 Std.	Mittlerer Grad an Strukturierung und Formalisierung
9	Expertendiskussion in Betrieb B (6/2018)	Führungskräfte (2) Interessenvertretung (2) Wissenschaft (3) Moderation	7 TN	3 Std.	Mittlerer Grad an Strukturierung und Formalisierung
10	Expertendiskussion in Betrieb D (6/2018)	Interessenvertretung (2) Wissenschaft (5) Moderation	7 TN	6 Std.	Mittlerer Grad an Strukturierung und Formalisierung
11	Expertendiskussion (05/2020)	Interessenvertretung (10) Wissenschaft (15) Politische Vertretung (5) Moderation	30 TN	3 Std.	Mittlerer Grad an Strukturierung und Formalisierung  Leitfaden für Gruppendiskussion m
12	Expertendiskussion (11/2020)	Interessenvertretung (3) Wissenschaft (2) Moderation	5 TN	3 Std.	Mittlerer Grad an Strukturierung und Formalisierung  Leitfaden für Gruppendiskussion W


13	Expertendiskussion (11/2021)	Interessensvertretung (3) Politik (3) Wissenschaft (5) Moderation	11 TN	3 Std.	Mittlerer Grad an Strukturierung und Formalisierung  Leitfaden für Gruppendiskussion W
----	---------------------------------	--	-------	--------	--

Abbildung 17: Übersicht über Gruppendiskussionen im dritten Studienabschnitt

8.2.4 Daten und Dokumentation im vierten Forschungsabschnitt: Kontextualisierung

Die untersuchten Dokumente unterschieden sich hinsichtlich vier verschiedener Dimensionen, die in der folgenden Abbildung tabellarisch veranschaulicht sind.

Dimensionen	Details	Beispiele
(1) Art der Dokumente	-Verschriftlichungen -Vertonungen und Sachdokumente	Plakate oder Flyer, Präsentationen, Leitbilder, Filme sowie Werkzeuge und Arbeitsmittel
(2) Zweck der Dokumente	-funktionalisierend und versachlichend -emotionalisierend und imagebildend	Projektkonzeptionen und -berichte, Präsentationen und Arbeitsanweisungen
(3) Anspruchsgruppen	an interne Bezugsgruppen gerichtet	-imagebildend: Leitbilder, Plakate, Flyer, Präsentationen -funktional: Projektkonzeptionen, -berichte und Protokolle, Präsentationen oder Arbeitsanweisungen -versachlichend: Werkzeuge, Arbeitskleidung usw.
	an externe Bezugsgruppen gerichtet	-imagebildend: Pressemitteilungen und werbliche Imagekommunikation -funktional: Geschäftsberichte mit offiziellen Umsatz- und Gewinnzahlen -Sachdokumente: Bauten und Architektur usw.
(4) Grad der Zugänglichkeit	(a) leicht zugänglich (b) eingeschränkt zugänglich (c) wenig zugänglich	(a) Pressemitteilungen u. a. (b) Leitfäden für Feedbackgespräche o. a. (c) Ergebnisse aus internen Befragungen

Abbildung 18: Übersicht der Dokumente zur Kontextualisierung im vierten Studienabschnitt

8.3 Kodierung der Daten und Auswertungsschritte

Die vorliegende Studie zum berufsbezogenen Lernen im Kontext von Industrie 4.0 basiert auf qualitativen Daten, die in vier Industrieunternehmen der Metall- und Elektroindustrie erhoben wurden. Aufgrund der verschiedenen Technologien, die sich teilweise noch im Entwicklungsprozess befinden und der betrieblichen Einführungsdynamik neuer Technologien in die Arbeitsprozesse von Beschäftigten, wurde ein qualitativer Untersuchungsansatz gewählt.

Die Entscheidung für einen fallstudienbasierten Untersuchungsansatz orientiert sich an den Merkmalen explorativer Vorgehensweisen, die sich dem Untersuchungsgegenstand ergebnisoffen annähern. Verschiedene Instrumente kamen zu verschiedenen Zeitpunkten zum Einsatz, um die Erwartungen und die Einstellungen der Beschäftigten zur Einführung neuer Technologien und möglichen Auswirkungen auf die Qualifikationsanforderungen zu erfassen.

Die Auswertung der Daten erfolgte in einem mehrstufigen Verfahren (Kuckartz 2016). Nach Sichtung des Datenmaterials erfolgte die Entwicklung eines Kategoriensystems. Es beinhaltet theoriegeleitete und materialgeleitete Kategorien für die inhaltliche Analyse der qualitativen Daten.



Kategorien zur Auswertung des Daten

Der Analyseprozess beinhaltete mehrstufige Sichtungen des Materials und eine schrittweise Konkretisierung der Kategorien. Die folgenden Abbildungen veranschaulichen tabellarisch die Systematik der Analyseschritte.

8.3.1 Erster Analyseschritt

Im ersten Analyseschritt wurden die Beobachtungsdaten und die Interviewdaten aller vier Betriebe aus den ersten zwei Erhebungszeitpunkten inhaltsanalytisch ausgewertet (Meuser & Nagel 2009, S. 476f.). Ziel der Analyse war es, typische Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den explorativ untersuchten Betrieben herauszufinden. Dabei wurde der Umfang des Datenmaterials reduziert und erste Betriebsportraits und erste Portraits der Arbeitsbereiche wurden entwickelt.

Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C	Betrieb D
Explorative Beobachtungen und Interviews	Explorative Beobachtungen und Interviews	Explorative Beobachtungen und Interviews	Explorative Beobachtungen und Interviews
Zusammenfassung	Zusammenfassung	Zusammenfassung	Zusammenfassung

Abbildung 19: Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Betriebe und Arbeitsbereiche

In der Literatur werden zur Analyse explorativer Interviews eine Analyse folgende Teilschritte vorgeschlagen (Meuser & Nagel 2009, S. 476 ff.).

- 1.) **Paraphrasierung:** Gliederung einzelner Textabschnitte und textgetreue Wiedergabe des Inhaltes anhand thematischer Einheiten
- 2.) **Thematisches Ordnen:** Stichworte und Überschriften zur Ordnung der Textsegmente mit Termini der Befragten und Nähe zum Text
- 3.) **Thematischer Vergleich:** Vergleichen der thematischen Textpassagen bei unterschiedlichen Personen und Vereinheitlichung der Überschriften zur Systematisierung
- 4.) **Konzeptualisierung:** Vergleich der Kategorien mit empirischem Wissen aus Studien und Umformulierung in wissenschaftliche Sprache
- 5.) **Theoretische Generalisierung:** Einbettung in theoretische Zusammenhänge und Interpretation, Wertungen und Entwicklung eigener Termini

Dieses Vorgehen wurde im Rahmen der Analyse der explorativen und vertiefenden Interviews mit Expert*innen angewendet.

Arbeitsbereiche der befragten Beschäftigten			
Montage	Bestückung	Logistik	Instandhaltung
Person 1	Person 1	Person 1	Person 1
Person 2	Person 2	Person 2	Person 2
Person 3	Person 3	Person 3	Person 3
Zusammenfassung	Zusammenfassung	Zusammenfassung	Zusammenfassung

Abbildung 20: Unterschiede und Gemeinsamkeiten nach Arbeitsbereichen in Betrieb A

Die befragten Personen aus den Arbeitsbereichen in Betrieb A wurden als Expert*innen für ihre Arbeit eingeordnet und daher wurden die Interviews nach dem eben skizzierten Schema für Interviews mit Expert*innen ausgewertet (Meuser & Nagel 2009, S. 476 ff.). Für die Auswertungen auf der ersten Stufe standen die folgenden Analysefragen im Vordergrund:

Bezogen auf die Technologie

- Welche Technologien werden im Kontext von Industrie 4.0 eingeführt?
- Welche zentralen Merkmale haben diese Technologien?
- Wie ist die Einführung neuer Technologien aus Sicht von Industriebeschäftigten gestaltet?
- Welche zentralen Ansätze sind in der Einführung neuer Technologien bei den vier untersuchten Betrieben erkennbar?

Bezogen auf die Organisation der Arbeit von verschiedenen Industriebeschäftigten

- Welche zentralen Ansätze sind in der Reorganisation der Arbeit erkennbar?
- Wie ist die Arbeitsorganisation aus Sicht von Industriebeschäftigten gestaltet?

- Welche Bedingungen begünstigen aus Sicht der Industriebeschäftigten ein Lernen im Rahmen ihrer Arbeit?
- Welche Bedingungen verhindern aus Sicht der Industriebeschäftigten ein Lernen im Rahmen ihrer Arbeit?

Bezogen auf die Qualifizierung und das arbeitsbezogene Lernen bei Industriebeschäftigten

- Wie verändern sich die Anforderungen an die Industriebeschäftigten im Kontext von Industrie 4.0 und inwiefern zeigt sich ein Upskilling bei Industriebeschäftigten?
- Welcher Qualifizierungsbedarf wird von Industriebeschäftigten geäußert?
- Wie nehmen die Beschäftigten die Lernbedingungen im Kontext von Industrie 4.0 wahr?
- Wie entwickelt sich die Lernbereitschaft im Verlauf der Studie und wo zeigen sich Lernwiderstände?

8.3.2 Zweiter Analyseschritt

Auch im zweiten Analyseschritt kam es darauf an, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede herauszuarbeiten, die im Zeitverlauf in der Tiefenstudie feststellbar waren. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

Veränderungen der Arbeitsbereiche im Verlauf der Studie			
Montage	Bestückung	Logistik	Instandhaltung
Zeitpunkt 1	Zeitpunkt 1	Zeitpunkt 1	Zeitpunkt 1
Zeitpunkt 2	Zeitpunkt 2	Zeitpunkt 2	Zeitpunkt 2
Zeitpunkt 3	Zeitpunkt 3	Zeitpunkt 3	Zeitpunkt 3
Zusammenfassung	Zusammenfassung	Zusammenfassung	Zusammenfassung
Zeitpunkt 4	Zeitpunkt 4	Zeitpunkt 4	Zeitpunkt 4
Zeitpunkt 5	Zeitpunkt 5	Zeitpunkt 5	Zeitpunkt 5
Zeitpunkt 6	Zeitpunkt 6	Zeitpunkt 6	Zeitpunkt 6
Zusammenfassung	Zusammenfassung	Zusammenfassung	Zusammenfassung

Abbildung 21: Veränderungen der Arbeitsbereiche der Tiefenfallstudie nach Zeitpunkten

Die Analyse aller Interviews nach Zeitpunkten erfolgte nach dem eben skizzierten Schema (Meuser & Nagel 2009, S. 476 ff.). Nach Sichtung der Materialien und der Entwicklung materialgeleiteter Kategorien waren in der zweiten Stufe die folgenden Fragen in der Auswertung zentral:

- Welcher technologische Umsetzungsstand ist im Verlauf der Studie im jeweiligen Arbeitsbereich der Beschäftigten in den unterschiedlichen Abteilungen erkennbar?
- Welche Ansätze zur betrieblichen Qualifizierung sind im Verlauf der Studie in den untersuchten Funktionsbereichen erkennbar und wie werden diese umgesetzt?
- Wie unterscheidet sich bei verschiedenen Beschäftigtengruppen der Lernbedarf, der Lernprozess und die Lernauffassung im Zeitverlauf und wie erleben die Beschäftigten ihre organisationalen Bedingungen für das Lernen im Prozess der Arbeit?

- Welche Spannungsfelder äußern die Beschäftigten im Verlauf der Studie in der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen und Qualifizierungsansätzen?

8.3.3 Dritter Analyseschritt

Auch im dritten Analyseschritt ging es darum, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf Basis aller Berichte aus den untersuchten Betrieben zusammenfassend als einen Vergleich der Fallstudien herauszuarbeiten. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Systematik im Vorgehen.

Veränderungen in Betrieben			
Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C	Betrieb D
Zusammenfassung Analyse der Arbeitsbereiche	Analysen der Werksbesichtigungen und Interviews	Analysen der Werksbesichtigungen und Interviews	Analysen der Werksbesichtigungen und Interviews
Zusammenfassung der Analysen im Zeitverlauf	Zusammenfassung der Analysen im Zeitverlauf	Zusammenfassung der Analysen im Zeitverlauf	Zusammenfassung der Analysen im Zeitverlauf
Zusammenfassung aller Gruppendiskussionen	Zusammenfassung aller Gruppendiskussionen	-	-
Zusammenfassung aller Dokumente	Zusammenfassung aller Dokumente	Zusammenfassung aller Dokumente	Zusammenfassung aller Dokumente
Zusammenfassung	Zusammenfassung	Zusammenfassung	Zusammenfassung
Zusammenfassender Fallvergleich			

Abbildung 22: Systematik der Analyse beim zusammenfassenden Fallvergleich

Nach Sichtung der Materialien und der Entwicklung materialgeleiteter Kategorien waren In der zweiten Stufe die folgenden Fragen in der Auswertung zentral:

- Welcher technologische Umsetzungsstand ist im Verlauf der Studie im jeweiligen Arbeitsbereich der untersuchten Betriebe und in den Arbeitsbereichen der Beschäftigten in den unterschiedlichen Abteilungen erkennbar?
- Welche Ansätze zur betrieblichen Qualifizierung sind im Verlauf in den untersuchten Betrieben erkennbar und wie werden diese umgesetzt?
- Wie unterscheidet sich bei verschiedenen Beschäftigtengruppen der Lernbedarf im Zeitverlauf, der Lernprozess und die Lernauffassung und wie erleben die Beschäftigten ihre organisationalen Bedingungen für das Lernen im Prozess der Arbeit?
- Was sind förderliche bzw. hinderliche Strukturen für arbeitsbezogene Lernhandlungen aus subjektiver Sicht von Industriebeschäftigten?

9 ANHANG II: ABSTRACTS, VORVERÖFFENTLICHUNGEN, KURZLEBENS LAUF

9.1 Kurzfassung

Aus bisherigen Studien ist bekannt, dass die Chancen zur Qualifizierung bei Beschäftigten ungleich verteilt sind. Welche Rolle die Möglichkeiten zum Lernen im Prozess der Arbeit im Kontext von Industrie 4.0 bei Industriebeschäftigten spielen, ist bisher kaum erforscht. Zudem ist kaum erforscht, unter welchen Bedingungen Beschäftigte bereit sind, sich mit Digitalisierung auseinander zu setzen und welche Faktoren beim Lernen im Prozess der Arbeit zu Lernwiderständen führen. Diese Forschungslücken sollen mit dieser Dissertation geschlossen werden.

Im Rahmen der aktuellen Diskussionen über die Zukunft der Arbeit im Kontext von Industrie 4.0 untersucht die vorliegende Studie daher die folgenden Fragen: (1) Wie wirkt sich die Digitalisierung im Kontext der Industrie 4.0 auf die Qualifikationsanforderungen aus, d.h. welche Bedingungen tragen zum *Upskilling* und zum *Deskilling* von Beschäftigten bei? (2) Welche Bedingungen fördern die Lernbereitschaft von Industriebeschäftigten? (3) Wie verteilen sich die Chancen zur Qualifizierung nach Merkmalen der sozialen Stellung im Betrieb?

Zur Klärung dieser Fragen wurde ein qualitatives Forschungsdesign entwickelt, das einen Zugang zum Lernen im Prozess der Arbeit und zum Umsetzungsstand von Technik im Rahmen von Industrie 4.0-Ansätzen ermöglicht. Den Kern bilden vier arbeitssoziologische Fallstudien, die in deutschen Großbetrieben der Metall- und Elektroindustrie im Zeitraum 2017-2020 durchgeführt wurden. Das mehrstufige qualitative Forschungsdesign lässt umfassende Einblicke in die Tiefenstrukturen der Betriebe zu. Durch intensive Feldphasen konnten die Dynamiken der Technikeinführung, der Anpassung der Arbeitsorganisation und der Qualifizierung untersucht werden. Das ermöglicht eine Analyse der Mechanismen zu lernförderlichen und lernhinderlichen Faktoren aus Sicht der Beschäftigten. Die zentrale These dieser Arbeit lautet, dass es im Kontext von Industrie 4.0 zu einer *Reproduktion sozialer Ungleichheit* bezüglich der Chancen zum Lernen im Prozess der Arbeit kommt, die mit der Position im Betrieb, Alter und Beschäftigungsstatus, aber auch mit erwerbsbiografischen Faktoren zusammenhängen.

In theoretischer Hinsicht verbindet die Studie Erklärungsansätze aus bildungssoziologischer Forschung zur Ungleichheit und arbeitssoziologischen Studien zum subjektivierenden und objektivierenden Arbeitshandeln. Das Lernen im Prozess der Arbeit wird aus subjektiver Sicht verschiedener Beschäftigungsgruppen in Industriebetrieben rekonstruiert. Die Analyse knüpft an arbeitssoziologische Thesen zur Subjektivierung des Arbeitswissens an und greift zudem ältere Studien zur Objektivierung des Arbeitswissens auf. Um die Lernbereitschaft von Beschäftigten zu analysieren, wird das handlungstheoretische Konzept (Holzkamp, 1993) aus der schulischen Bildungsforschung in einen betrieblichen Rahmen übertragen. Die Analyse struktureller Arbeits- und Lernbedingungen knüpft das Konzept zur lernförderlichen Arbeit an. Die Kombination der Ansätze ermöglicht es, die Wechselwirkungen zwischen subjektiven Arbeitshandlungen und strukturellen Bedingungen in der Arbeitsorganisation einzubeziehen und bildet die Basis für eine Typologie, die den Zusammenhang von individueller Lernbereitschaft und strukturellen Lernbedingungen abbildet.

Die Befunde verdeutlichen, dass die Ursachen für ungleiche Bedingungen zum Lernen im Prozess der Arbeit in den strukturellen Bedingungen Industriebetrieben und weniger in der individuellen Lernbereitschaft liegen, wenn beispielsweise die formale Arbeitsorganisation zu einer Verengung der Handlungsspielräume der Beschäftigten führt oder die Arbeitsaufgaben der Beschäftigten nicht mit ihren Kompetenzen übereinstimmen. Weiterhin wirken sich fehlende Anreize zum Lernen, fehlende Lernzeiten und eine fehlende Mitsprache bei der Einführung neuer Technologien negativ auf die Möglichkeiten beim Lernen in der Arbeit aus. Das kann dazu führen, dass Beschäftigte nicht als sinnvoll erachten und sich Lernwiderstände verfestigen. Die Befunde der Arbeit tragen zur Diskussion über die strukturellen Bedingungen zur Reproduktion sozialer Ungleichheit im Kontext der Digitalisierung bei. Aus den Befunden wurden Handlungsfelder für Gestaltungsansätze im Rahmen von *Gute Arbeit* entwickelt. Die Befunde tragen somit auch zur Entwicklung lernförderlicher Arbeit bei.

9.2 Abstract

Previous research shows that qualification opportunities are unequally distributed among employees. The role of learning opportunities in the process of work in the context of Industry 4.0 among industrial employees has hardly been researched to date. In addition, little is known about the conditions under which employees are willing to engage with digitalization and on factors that lead to learning resistance. This dissertation aims to close these research gaps.

In regards of current discussions on the future of work in the context of Industry 4.0, this study therefore examines the following questions: (1) How does digitalization in the context of Industry 4.0 affect skill requirements, i.e., which conditions contribute to the upskilling and deskilling of employees? (2) Which working conditions promote industry employees' willingness to learn? (3) How are opportunities distributed along social position characteristics in the factory?

To address these questions, a qualitative research design was developed to access learning in the process of work and the implementation status of technology in the context of Industry 4.0 approaches. The core is formed by four case studies in the sociology of work. The studies were conducted between 2017 and 2020 in large German metal and electrical industry companies. The multi-step qualitative research design allows comprehensive insights into the deep structures of the companies. Intensive field phases allowed for the investigation of technology introduction, adaptation of work organization, and qualification dynamics. This enables an analysis of the mechanisms that promote and hinder learning from the employees' point of view. The central thesis of this dissertation is that in the context of Industry 4.0, there is a reproduction of unequal opportunities, which is related to the position in the company, age, and employment status, but also to employment biographical factors.

From a theoretical point of view, the study combines explanatory approaches from research on inequality in the sociology of education and studies in the sociology of work on subjectivizing and objectivizing work action. Learning in the process of work is reconstructed from the subjective perspective of different employment groups in industrial companies. The analysis follows work-sociological theses on the subjectivation of work knowledge and takes up older studies on the objectivization of work knowledge. To analyse employees' willingness to learn, Holzkamp's (1993) action-theoretical concept from school-based educational research is transferred to a company setting. The analysis of structural working and learning conditions ties in with the concept of learning conducive work. The combination of the approaches makes it possible to include the interactions between subjective work actions and structural conditions in the work organization. Furthermore, it forms the basis for a typology that maps the connection between individual willingness to learn and structural learning conditions.

The findings make clear that the causes of unequal conditions for learning in the process of work lie rather in the structural conditions of industrial enterprises than in the individual willingness to learn.

For example, the formal organization of work can lead to a narrowing of employees' scope for action and employees' work tasks may not match their competencies. Furthermore, a lack of incentives to learn, a lack of time to learn and a lack of participation in the introduction of new technologies have a negative impact on the learning opportunities at work. This can lead to employees not seeing opportunities for learning on the job as meaningful as well as to entrenched resistance to learning. The findings claim there is a horizontal reproduction of social inequality. The paper contributes to the discussion on the structural conditions for the reproduction of social inequality in the context of digitalization. The findings were used to develop fields of action for design approaches within the conceptual framework of *Good Work*. Thus, the findings also contribute to the development of learning-promoting work.

9.3 Liste der Vorveröffentlichungen

Aus der vorliegenden Studie sind die folgenden Vorveröffentlichungen hervorgegangen, die teilweise peer-reviewt sind oder sich auch an eine außerakademische Öffentlichkeit richten.

Publikationen und Konferenzen

- | | | |
|------|------------------------------------|---|
| 2021 | Warnhoff, K. | "Berufliche Aufstiege in der digitalisierten Produktionsarbeit?" Paper und Vortrag und Kurzfassung zum 40. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Soziologie (DGS). |
| 2021 | Warnhoff, K.; de Paiva Lareiro P. | "Implementing Industry 4.0 and challenges regarding work-integrated Learning." Vortrag, Internationales Soziologieforum (ISA) |
| 2020 | Warnhoff, K.; de Paiva Lareiro, P. | "New inequalities with implementing 'Industry 4.0?'" Vortrag, interdisziplinäre Konferenz in Leeds (UK). |
| 2019 | Warnhoff, K.; de Paiva Lareiro, P | Skill Development on the Shopfloor: Heading to a digital divide? 2nd Weizenbaum Conference on the subject of "Challenges of Digital Inequality: Digital Education, Digital Work, Digital Life", 16/17th of May 2019 Berlin. https://doi.org/10.34669/wi.cp/2.23 . |
| 2018 | Warnhoff, K.; Krzywdzinski, M. | Digitalisierung spaltet. Gering qualifizierte Beschäftigte haben weniger Zugang zu Weiterbildung. WZB-Mitteilungen Heft 162, S. 58-60. |

Transferprojekte für die außerakademische Öffentlichkeit

- 2017-2022
- "Hinter verschlossenen Türen"*
 VR-Anwendung zu Ausgrenzungserfahrungen im Arbeitsleben
 Interdisziplinäres Projekt mit E. Kroll (Psychologie, HU Berlin); A. Bepalova und D. Baldauf (Design, UdK Berlin)
 Präsentation und Finalist auf der International Falling Walls Conference und auf der Wissensstadt Berlin 2021
- "Digitalisierung durch die rosarote Brille?!"*
 Plakate zum Perspektivwechsel
 Präsentation und Nominierung auf der Labor.A (Hans-Böckler-Stiftung), Lange Nacht der Wissenschaften (WZB), Fachtagung (Bündnis für Gute Arbeit Berlin-Brandenburg)
- "Voneinander lernen"*
 Workshops mit politischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Akteuren zu neuen beruflichen Anforderungen
 Präsentation der Ergebnisse beim Bündnis für Gute Arbeit Berlin-Brandenburg, IG Metall und Hans-Böckler-Stiftung

9.4 Kurzlebenslauf der Verfasserin

Kathleen Warnhoff ist seit August 2022 Leiterin des BMBF-geförderten Projektes "Professorale Karriere an der HWR" und verantwortet in diesem Rahmen mehrere Teilprojekte, die sich mit der Qualifizierung akademischer Nachwuchskräfte befassen. Zuvor forschte sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Promotionskolleg „Gute Arbeit. Ansätze zur Gestaltung der Arbeitswelt von morgen“ am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (Leitung: Prof. Dr. h.c. Jutta Allmendinger, Ph.D.) und war Stipendiatin der Hans-Böckler-Stiftung

Kathleen Warnhoff hat von 2003 bis 2008 an der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin (Bachelor und Master) Wirtschaftskommunikation studiert und mehrere Jahre an verschiedenen Berliner HAW's Lehrveranstaltungen durchgeführt. Zuvor hat sie als freiberufliche Projekberatung wissenschaftliche Weiterbildungsangebote und Bildungsangebote für berufliche Übergänge und erwachsenengerechte Ausbildung bei sozial benachteiligten Jugendlichen konzipiert. Dabei haben sich die folgenden Schwerpunkte in Forschung und Lehre herausgebildet.

- Soziologie der Berufe und der Arbeit und Soziologie der (digitalen) Kommunikation
- Soziologie der Qualifizierung und des Wissens
- Gute Arbeit und Zukunft der Arbeit im Kontext der Digitalisierung
- Gute Lehre und Zukunft der Lehre im Kontext der Digitalisierung

Mitgliedschaften und Gremienarbeit

Kathleen Warnhoff ist seit einigen Jahren Mitglied in den folgenden Gremien:

- DGS und Sektionsmitglied: Arbeits- und Industriesoziologie, Wissenssoziologie
- GEW und Sektionsmitglied: Gute Arbeit in Schule und Wissenschaft; Diversity
- WiD und Jurytätigkeiten z.B. Hochschulwettbewerbe "Zeigt her Eure Forschung" (Wissenschaftsjahr Arbeitswelten der Zukunft)
- AG Lernförderlichkeit; AG Digitalisierung
- Gewählte Vertreterin im Bezirks- und Landesausschuss für Kita und später für Schule

10 EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Mit dieser eidesstattlichen Erklärung bestätige ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig angefertigt habe und zulässige Hilfsmittel angewendet haben, die den Regelungen der Freien Universität Berlin entsprechen.

Das Thema der Arbeit und das empirische Vorgehen habe ich selbstständig in Rücksprache mit den betreuenden Professoren entwickelt. Dies vorliegende Arbeit wurde in dieser Form bisher nicht veröffentlicht oder in früheren Promotionsverfahren eingereicht bzw. abgelehnt.

Die Arbeit oder Abschnitte dieser beruhen nicht aus vergangenen Studienarbeiten. Kleine Teile der Zwischenergebnisse, die gekennzeichnet sind, wurden in Absprache mit den Betreuern auf Konferenzen präsentiert oder als Transferpublikation wie WZB-Mitteilungen zugänglich gemacht. Diese sind entsprechend zitiert.

Alle genutzten Quellen wurden nach wissenschaftlichen Zitierregeln angegeben. Die Grafiken und Bilder wurden teilweise selbstständig erstellt oder wenn sie aus der Literatur entnommen sind, gemäß geltendem Urheberrecht zitiert.

Berlin, 29.12.2022